

TUGAS AKHIR
KOMBINASI ABU SEKAM PADI DAN KALSIUM (Ca)
SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN
TERHADAP KUAT LENTUR BETON
(Studi Penelitian)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

SITLANNISA SAMOSIR
1807210046



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Siti Annisa Samosir
Npm : 1807210046
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Kombinasi abu sekam padi dan kalsium (Ca) sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat lentur beton.
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 September 2022

Dosen Pembimbing



Dr Josef Hadipramana

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Siti Annisa Samosir

Npm : 1807210046

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Kombinasi abu sekam padi dan kalsium (Ca) sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat lentur beton.

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 September 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Dr. Josef Hadipramana

Dosen Pembanding I



Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembanding II



Rizki Efrida, ST, MT

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



Dr Fahrizal Zulkarnain

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini di ajukan oleh:

Nama : Siti Annisa Samosir
Tempat, tanggal lahir : Medan, 2 April 2000
Npm : 1807210046
Fakultas : Teknik
Program studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul “Kombinasi Abu Sekam Padi Dan Kalsium (Ca) Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Lentur Beton ”

Bukan merupakan plagiatisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis. Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang bentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat dengan pembatalan kelulusan atau kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademi di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Medan, 22 September 2022

Saya yang menyatakan.



Siti Annisa Samosir

ABSTRAK

KOMBINASI ABU SEKAM PADI DAN KALSIUM (Ca) SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT LENTUR BETON (STUDI PENELITIAN)

Siti Annisa Samosir
1807210046
Dr Josef Hadipramana

Beton merupakan bahan material penyusun terbanyak dalam dunia konstruksi teknik sipil. Salah satu material terpenting dalam penyusun beton adalah semen. Karena semen merupakan zat perekat. Sehingga semakin meningkat konstruksi di Indonesia maka semakin besar kebutuhan semen dalam dunia konstruksi. Pada penelitian ini, dimanfaatkan limbah Abu sekam padi (ASP) yang mana ASP memiliki senyawa silika yang tinggi dan kapur yang tinggi akan senyawa kalsium (Ca) yang mana jika ASP dan Ca disatukan akan memiliki senyawa yang sama dengan semen. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kombinasi ASP dan Ca sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat lentur beton. Benda uji pada penelitian ini terdiri dari benda uji balok untuk pengujian kuat lentur dan benda uji silinder untuk pengujian kuat tekan beton. Penggunaan variasi ASP dan Ca sebagai bahan pengganti sebagian semen sebesar 50% dari total berat semen. Adapun variasi ASP dan Ca terdiri dari 3 variasi yaitu 100% ASP, 75% ASP + 25% Ca, 50% ASP + 50% Ca. Hasil menunjukkan penggunaan ASP dan Ca sebagai bahan pengganti sebagian semen berpengaruh terhadap kekuatan beton. Penurunan kekuatan beton variasi terhadap beton normal yang terbesar terjadi pada pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada variasi 100% ASP. Hasil pengujian kuat tekan sebesar 10,82 MPa dengan persentase penurunan sebesar 58% dan hasil pengujian kuat lentur 1,80 Mpa dengan persentase penurunan sebesar 55,45% dari beton normal. Namun penurunan terkecil terjadi pada variasi 50% ASP + 50% Ca hasil pengujian kuat tekan sebesar 20,25 Mpa dengan persentase penurunan sebesar 23,26% dan pengujian kuat lentur sebesar 3,53 Mpa dengan persentase penurunan sebesar 12,62 % dari beton normal. Hasil penelitian ini dengan menggunakan ASP dan Ca sebagai bahan pengganti sebagian semen berpotensi dapat digunakan namun hanya pada beton non struktural.

Kata kunci: Abu sekam padi, kapur, Kuat lentur beton, Kuat tekan beton

ABSTRACT

COMBINATION OF RICE HUSK ASH AND CALCIUM (Ca) AS A PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT ON FLEXIBLE STRENGTH OF CONCRETE (RESEARCH STUDY)

Siti Annisa Samosir
1807210046
Dr Josef Hadipramana

Concrete is the most common building material in the world of civil engineering construction. One of the most important materials in making concrete is cement. Because cement is an adhesive substance. So that the increasing construction in Indonesia, the greater the need for cement in the construction world. In this study, rice husk ash (ASP) was used where ASP has a high silica compound and lime is high in calcium (Ca) compounds which if ASP and Ca are combined it will have the same compound as cement. The purpose of this study was to determine how much influence the combination of ASP and Ca as a partial cement replacement material has on the flexural strength of concrete. The specimens in this study consisted of beams for testing flexural strength and cylindrical specimens for testing compressive strength of concrete. The use of variations of ASP and Ca as partial replacement of cement is 50% of the total weight of cement. The ASP and Ca variations consist of 3 variations, namely 100% ASP, 75% ASP + 25% Ca, 50% ASP + 50% Ca. The results show that the use of ASP and Ca as a partial replacement of cement has an effect on the strength of the concrete. The greatest decrease in the strength of the variation concrete to normal concrete occurred in the compressive and flexural strength tests at the 100% ASP variation. The results of the compressive strength test are 10.82 MPa with a decrease percentage of 58% and the results of the flexural strength test are 1.80 MPa with a decrease percentage of 55.45% from normal concrete. However, the smallest decrease occurred in the variation of 50% ASP + 50% Ca the results of the compressive strength test of 20.25 Mpa with a decrease percentage of 23.26% and a flexural strength test of 3.53 Mpa with a decrease percentage of 12.62% from normal concrete. . The results of this study using ASP and Ca as a replacement material for cement can potentially be used but only on non-structural concrete.

Keywords: Rice husk ash, lime, flexural strength of concrete, compressive strength of concrete

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Kombinasi Abu Sekam Padi Dan Kalsium (Ca) Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Lentur Beton” Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara”. sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada :

1. Bapak Dr Josef Hadipramana, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen Pembimbing I dan sekaligus selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, ST, MT selaku Dosen Pembimbing II dan sekaligus sekretaris Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Teristimewa kepada Ayahanda tercinta Gunawan Samosir, ST dan Ibunda Mesnawati Sinaga terima kasih untuk semua dukungan serta kasih sayang dan semangat penuh cinta yang tidak pernah ternilai harganya, dan telah bersusah payah membesarkan serta doa – doa yang tidak pernah putus hingga detik ini.
8. Adikku tersayang Arifah Nabila Samosir, Arina Naura Jannah dan Nenekku tercinta Mariam Purba terima kasih telah memberikan doa dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Sahabat-Sahabat tercinta, Febryani Putri S.Ak., Shalha Mariam, Alpri Bernadeta Barus SKG, Awang Normalanda Sekartresna terima kasih telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil terutama Ika Pratiwi Fujianti, Riskaya Ananda, Vita Ayu Permata, Debby Dwi R Srg, Annisa Eka Santi, Oktazana Putri, beserta seluruh mahasiswa/i Teknik Sipil stambuk 2018 yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Material Penyusun Beton	7
2.2.1. Agregat Kasar	7
2.2.2. Agregat Halus	9
2.2.3. Semen	12
2.2.4. Air	13
2.3 Abu Sekam Padi	14
2.4 Kalsium (Ca)	15
2.5 Uji Slump Test	17
2.6 Kuat Tekan	18
2.7 Kuat Lentur	20

BAB 3 METODE PENELITIAN	22
3.1 Metodologi Penelitian	22
3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian	26
3.3 Bahan Dan Peralatan	26
3.3.1. Bahan	26
3.3.2. Peralatan	26
3.4 Persiapan Penelitian	27
3.5 Pemeriksaan Agregat	27
3.6 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar Dan Halus	27
3.7 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar dan Halus	28
3.8 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar Dan Halus	29
3.9 Berat Isi Agregat Kasar Dan Halus	30
3.10 Abu Sekam Padi	30
3.11 Kalsium (Ca) / Kapur	30
3.12 Perencanaan Campuran Beton	31
3.13 Mix Design	31
3.14 Pembuatan Benda Uji	40
3.15 Pengujian Slump	40
3.16 Perawatan Beton	40
3.17 Pengujian Kuat Tekan	41
3.18 Pengujian Kuat lentur	41
3.19 Jadwal Penelitian	42
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAAN	45
4.1 Pemeriksaan Agregat Kasar	45
4.1.1 Analisa Gradasi Agregat Kasar	45
4.1.2 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	47
4.1.3 Berat Isi Agregat Kasar	47
4.1.4 Kadar Air Agregat Kasar	48
4.1.5 Kadar Lumpur Agregat Kasar	49

4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	49
4.2.1 Analisa Gradasi Agregat Halus	49
4.2.2 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	51
4.2.3 Berat Isi Agregat Halus	52
4.2.4 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	52
4.2.5 Kadar Lumpur Agregat Halus	53
4.3 Perencanaan Campuran	54
4.3.1 Mix Design Beton Normal Mutu Sedang	54
4.3.2 Kebutuhan beton	68
4.4 Hasil Pengujian Slump Test	77
4.5 Hasil Dan Analisa Pengujian Beton	79
4.5.1 Kuat Tekan Beton	79
4.5.2 Pengujian Kuat Lentur (Flexural)	83
4.6 Perbandingan Hasil Kuat Tekan Dan Kuat Lentur	88
4.7 Pembahasan	89
4.7.1 Pembahasan Kuat Tekan	89
4.7.2 Pembahasan Kuat Lentur	90
4.7.3 Pembahasan Kuat Lentur Dari Peneliti Terdahulu	91
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	92
5.1 Kesimpulan	92
5.2 Saran	93
DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN	96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis Beton Berdasarkan Kuat Tekan	5
Tabel 2.2	Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar	8
Tabel 2.3	Batas Gradasi Agregat Halus	10
Tabel 2.4	Senyawa kompleks pada semen	12
Tabel 2.5	Kandungan unsur-unsur kimia pada abu sekam padi	14
Tabel 2.6	Kandungan Kimia Pada Kapur	15
Tabel 2.7	Peneliti terdahulu (Jurnal Ilmiah)	16
Tabel 2.8	Waktu Pengujian Kuat Tekan Yang Di Toleransi Terhadap Umur Beton	19
Tabel 2.9	Koefesien Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Terhadap Berbagai Umur	20
Tabel 3.1	Diagram Alir	25
Tabel 3.2	Faktor Pengali Untuk Standar Deviasi Berdasarkan Jumlah	32
Tabel 3.3	Nilai Tambah Margin	32
Tabel 3.4	Perkiraan Kekuatan Tekan Beton	34
Tabel 3.5	Perkiraan kadar air bebas	35
Tabel 3.6	Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum	36
Tabel 3.7	Jumlah sampel Setiap Komposisi	41
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	45
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	47
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	48
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	48
Tabel 4.5	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar.	49
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Analisa Gradasi Agregat Halus Dengan Batas Zona 2	49
Tabel 4.7	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus	51
Tabel 4.8	Hasil Pemeriksaan Berat Isi	52
Tabel 4.9	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	53
Tabel 4.10	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	53
Tabel 4.11	Tabel Mix Design Beton Normal Mutu Sedang	54
Tabel 4.12	Tabel Nilai Deviasi Standar	56

Tabel 4.13 Tingkat Mutu Pekerjaan Pembetonan	56
Tabel 4.14 Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum	59
Tabel 4.15 Perkiraan kadar air bebas	60
Tabel 4.16 Analisa Gradasi Agregat Kasar (Silinder)	70
Tabel 4.17 Analisa gradasi agregat halus (Silinder)	70
Tabel 4.18 Jumlah ASP Yang Dibutuhkan Untuk 1 Benda Uji Silinder	71
Tabel 4.19 Jumlah Ca Yang Dibutuhkan Untuk 1 Benda Uji Silinder	72
Tabel 4.20 Analisa Gradasi Agregat Kasar (Balok)	74
Tabel 4.21 Analisa Gradasi Agregat Halus (Balok)	75
Tabel 4.22 Jumlah ASP Yang Dibutuhkan Untuk 1 Benda Uji Balok	75
Tabel 4.23 Jumlah Ca Yang Dibutuhkan Untuk 1 Benda Uji Balok	76
Tabel 4.24 Hasil Pengujian Slump Test	78
Tabel 4.25 Hasil Pengujian Kuat Tekan	82
Tabel 4.26 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Normal	84
Tabel 4.27 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi 100% ASP	85
Tabel 4.28 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi 75% ASP + 25% Ca	86
Tabel 4.29 Hasil pengujian kuat lentur beton variasi 50% ASP + 50% Ca	87
Tabel 4.30 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Sebagai Bahan Perbandingan	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Daerah Gradasi Agregat Kasar	8
Gambar 2.2	Batas Gradasi Pasir Nomor I (Pasir Kasar)	10
Gambar 2.3	Batas Gradasi Pasir Nomor II (Pasir Agak Kasar)	11
Gambar 2.4	Batas Gradasi No III (Pasir Agak Halus)	11
Gambar 2.5	Batas Gradasi No IV (Pasir Halus)	12
Gambar 2.6	Kerucut Abrams	18
Gambar 2.7	Daerah 1/3 Jarak Titik Perletakkan Bagian Tengah	20
Gambar 2.8	Daerah Patah Diluar Pusat Jarak Antara Titik Pusat	21
Gambar 2.9	Daerah Patah Berada Di Luar 1/3 Bentang	21
Gambar 3.1	Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Faktor Air Semen	34
Gambar 3.2	Batas gradasi pasir (Sedang) No. 2	37
Gambar 3.3	Grafik Gradasi Split Ukuran Maksimum 20 mm	38
Gambar 3.4	Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Di Anjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm.	38
Gambar 3.5	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran Dan Berat Isi Beton.	39
Gambar 4.1	Grafik Gradasi Agregat Kasar	46
Gambar 4.2	Grafik Gradasi Agregat Halus (Zona 2)	51
Gambar 4.3	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton	58
Gambar 4.4	Gradasi Agregat Halus (Zona 2 Pasir Sedang)	62
Gambar 4.5	Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm	62
Gambar 4.6	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk	63
Gambar 4.7	Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran Dan Berat Isi Beton	64
Gambar 4.8	Grafik Slump Test Benda Uji Silinder	78
Gambar 4.9	Grafik Slump Test Benda Uji Balok	78
Gambar 4.10	Hasil Pengujian Kuat Tekan	83
Gambar 4.11	Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton	88
Gambar 4.12	Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Dan Kuat Lentur	89

DAFTAR NOTASI

$f'c$	= kuat tekan	(MPa)
σ_l	= kuat lentur benda uji	(Mpa)
S	= Deviasi standar	(Mpa)
$F'c \text{ rata-rata}$	= kuat tekan rata rata	(Mpa)
M	= nilai tambah	(Mpa)
a	= jarak rata – rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat	(MPa)
W_{semen}	= Jumlah semen	(kg/m ³)
W_{air}	= Kadar air bebas	(kg/m ³)
A	= Berat sampel SSD kering permukaan jenuh	(gram)
B	= bagian titik perletakkan	(gram)
C	= Berat sampel SSD kering oven	(gram)
l	= jarak bentang antara dua garis perletakkan	(mm)
b	= lebar tampang lintang patah arah horizontal	(mm)
P	= beban tekan	(Kg)
A	= luas penampang	(cm ²)
Fas	= faktor air semen bebas	-

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Beton adalah material paling umum dan efektif untuk digunakan pada saat ini. Kebutuhan beton dalam dunia konstruksi semakin hari semakin meningkat. Di lihat dari fungsinya beton merupakan material pembentuk struktur yang sangat banyak di gunakan pada saat ini. Seiring dengan banyaknya masyarakat dalam meggunakan material beton di dunia konstruksi sehingga berbanding lurus dengan kebutuhan material pada beton. Beton adalah campuran semen, agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil/split) serta ditambahkan bahan tambahan yang bervariasi (Asrullah, 2011)

Semen merupakan salah satu material penyusun beton. Semen merupakan zat paling penting dalam beton. Karena semen merupakan zat perekat . Di dalam semen terdapat salah satu zat kimia yang paling besar yaitu Kalsium (Ca) kandungan kalsium banyak terdapat pada kapur. Pemilihan kapur sebagai campuran beton dilakukan karena kapur mengandung unsur kalsium oksida (CaO) yang merupakan komponen utama penyusun semen.(Setiyarto, Haekal, & Pahlevi, 2017)

Di Indonesia salah satu limbah pangan yang banyak kita temui adalah limbah abu sekam padi. Limbah bekas pembakaraan sekam padi ini tidak dimanfaatkan dengan baik dan benar hanya di buang begitu saja oleh masyarakat untuk mengurangi angka limbah yang semakin hari semakin meningkat. Oleh karena itu di perlukan penanganan lebih lanjut dalam masalah limbah ini. Pemanfaatan limbah pada dasarnya adalah bentuk upaya yang paling efektif di lakukan dalam mengurangi angka limbah yang makin meningkat salah satu pemanfaatan limbah abu sekam padi yang dapat digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen. Dimana abu sekam padi (ASP) yang memiliki kandungan silika yang tinggi. Proses pembakaran sekam padi menghasilkan unsur pozzolan dan mengandung silika yang mempunyai sifat meningkatkan kekuatan beton (Handayani, Nurjanah, & Rengga,

2014). Menurut (Setiyarto et al., 2017) Substitusi abu dan kapur dalam campuran beton diduga dapat memberikan kontribusi kuat tekan beton.

Kuat lentur beton merupakan kemampuan beton dalam menahan lendutan hingga terjadi kegagalan (Yanti, Z, & Megasari, 2019). Dimana kuat lentur beton di ketahui memiliki nilai yang lebih kecil di dibandingkan kuat tekan beton. Untuk meningkatkan nilai kuat lentur pada beton digunakan penambahan bahan additive. Dalam penelitian ini untuk memanfaatkan limbah abu sekam padi digunakan sebagai bahan alternatif pengganti sebagian semen. Namun untuk menambah nilai kalsium di gunakan material kapur. Pada penelitian ini sebagian semen akan di ganti dengan kombinasi 100% ASP , 75% ASP + 25% Kapur, 50% ASP + 50% kapur. Sehingga dapat menghasilkan beton yang ekonomis serta ramah lingkungan.

Dengan pemanfaatan limbah abu sekam padi dan kapur sebagai bahan pengganti sebagian Semen di harapkan mampu menghasilkan produksi beton dengan kekuatan lentur yang baik, maka dari itu peneliti mengambil Judul “Kombinasi Abu Sekam Padi (ASP) Dan Kalsium (Ca) Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Lentur Beton” Sebagai Studi Penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka penulis merumuskan permasalahan dalam penelitian yang di lakukan sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil perbandingan uji slump test pada beton yang menggunakan kombinasi abu sekam padi dan kalsium (Ca) sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap beton normal?
2. Bagaimana pengaruh nilai kuat tekan pada beton normal dan beton yang menggunakan kombinasi abu sekam padi dan kalsium (Ca) sebagai bahan pengganti sebagian semen ?
3. Bagaimana perbandingan nilai kuat lentur normal dan kuat lentur pada beton yang menggunakan kombinasi ASP dan kalsium (Ca) sebagai bahan pengganti sebagian semen ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui nilai slump test pada beton yang menggunakan kombinasi abu sekam padi dan kalsium (Ca) sebagai bahan pengganti sebagian semen.
2. Mengetahui pengaruh nilai kuat tekan pada beton normal dan beton yang menggunakan kombinasi abu sekam padi dan kalsium (Ca) sebagai bahan pengganti sebagian semen
3. Mengetahui perbandingan nilai kuat lentur pada beton normal dengan beton yang menggunakan kombinasi abu sekam padi dan Kalsium (Ca) sebagai bahan pengganti sebagian semen

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Pada penelitian ini permasalahan penelitian dibatasi pada :

1. Karakteristik beton yang di uji adalah kuat lentur dan kuat tekan dari hasil eksperimen
2. Bahan tambahan yang digunakan adalah abu sekam padi dan kalsium (Ca) sebagai bahan pengganti sebagian semen
3. Kalsium yang digunakan di dapat dari abu kapur yang tersedia secara komersil
4. Tinjauan kimia, pengaruh suhu, angin dan kelembaban udara tidak di bahas secara mendalam dalam penelitian ini

1.5 Manfaat Penelitian

Menghasilkan inovasi baru pada material konstruksi beton yang baru

1. Mengurangi angka limbah dengan memanfaatkan abu sekam padi
2. Dapat meningkatkan pemahaman dalam menganalisis data untuk mengetahui kuat lentur beton normal dari hasil yang dikaji secara umum
3. Apabila penelitian ini berhasil, di harapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu penggunaan pelaksanaan di lapangan maupun di lakukan penelitian lebih lanjut kedepannya

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk penulisan tugas akhir dengan judul “Kombinasi Abu Sekam Padi Dan Kalsium (Ca) Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Lentur Beton” ini tersusun dari 5 bab dan tiap-tiap bab terdiri dari beberapa pokok bahasan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA,

Membahas hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN,

Bagian ini menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data dan metode analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN,

Merupakan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN,

Dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Beton merupakan material penyusun struktur yang banyak digunakan dalam dunia konstruksi teknik sipil. Seperti yang di gunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok, plat lantai. Ada beberapa jenis beton yaitu beton mutu tinggi, beton mutu sangat tinggi, beton ringan, beton dengan berbagai bahan tambah, dan beton daur ulang dengan pemanfaatan limbah beton. Dalam teknik sipil hidro, beton yang digunakan untuk bangunan air seperti bendungan, saluran dan drainase. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusun yang terdiri bahan semen hidrolik (Portland Sement), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (admixture atau additive) (Asrullah, 2011).

Agar kualitas beton yang di hasilkan baik dinilai dari spesifikasi material yang memenuhi standarisasi yang berlaku. Oleh karena itu diperlukan perencanaan mix design untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang di butuhkan dalam melakukan mix design juga perlu di perhatikan dalam adukan beton untuk menghindari terjadinya segregasi dimana Kekuatan beton ditentukan dari padat tidaknya campuran bahan penyusun beton.

Tabel 2.1: Jenis Beton Berdasarkan Kuat Tekan (Tjokrodimuljo, 2007)

Jenis beton	Kuat tekan
Beton sederhana	Sampai 10 MPa
Beton normal	15- 30 MPa
Beton prategang	30-40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	>80 MPa

Beton juga memiliki peranan penting dalam menentukan umur dan kekuatan suatu bangunan. Hal itu terjadi karena beton memiliki kelebihan dan kekurangan. Menurut pendapat (Pane, Tanudjaja, & Windah, 2015). Beton mempunyai beberapa sifat yang menguntungkan dibandingkan dengan bahan bangunan yang lain, misalnya:

1. Ekonomis yaitu pertimbangan yang sangat penting meliputi material, kemudahan dalam pelaksanaan, waktu untuk konstruksi, pemeliharaan struktur, daktilitas dan sebagainya.
2. Harganya dapat menjadi murah apabila bahan-bahan dasar lokal banyak tersedia.
3. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak. Cetakan dapat pula dipakai ulang beberapa kali sehingga secara ekonomi lebih murah.
4. Kuat tekannya yang cukup tinggi mengakibatkan jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) dapat digunakan untuk struktur berat.
5. Beton segar dapat disemprotkan di permukaan beton lama yang retak maupun dimasukkan kedalam retakan beton dalam proses perbaikan.
6. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat- tempat yang sulit.
7. Beton memiliki sifat ketahanan terhadap pengaruh temperatur tinggi yang mungkin timbul, seperti akibat peristiwa kebakaran.
8. Rigiditas tinggi.
9. Biaya pemeliharaan yang rendah.
10. Penyediaan material yang mudah.

Selain memiliki beberapa kelebihan, beton juga mempunyai beberapa kekurangan yaitu:

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak.
2. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusakkan beton.

3. Beton bersifat getas atau tidak daktail sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail, terutama pada struktur tahan gempa.
4. Memerlukan biaya untuk bekisting dan perancah atau untuk beton yang di cor ditempat.

2.2 Material Penyusun Beton

Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya (Nawy, 1998). Material pembentuk beton terdiri dari agregat kasar (batu pecah), agregat halus (pasir), bahan pengikat (semen PPC), dan air.

2.2.1. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan butiran mineral dari hasil di sintegrasi alami batubatuan atau juga berupa hasil dari pemecah stone crusher. Agregat kasar adalah agregat dengan butir-butiran tertinggal diatas ayakan dengan lubang 4,8 mm tetapi lolos ayakan 40 mm (Arum, 2013). Agregat kasar berupa batu pecah, kerikil, atau granit. Butiran agregat kasar merupakan batuan yang keras yang bersifat kekal dan tak hancur atau pecah oleh pengaruh air hujan dan terik matahari karena agregat kasar tidak boleh berpori.

Kekerasan agregat kasar dapat di uji dengan mesin pengaus *Los Angeles* dimana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%. Dalam hal ini agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton memiliki karakteristik tersendiri. Menurut (SNI 03-2834, 2000) agregat kasar untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

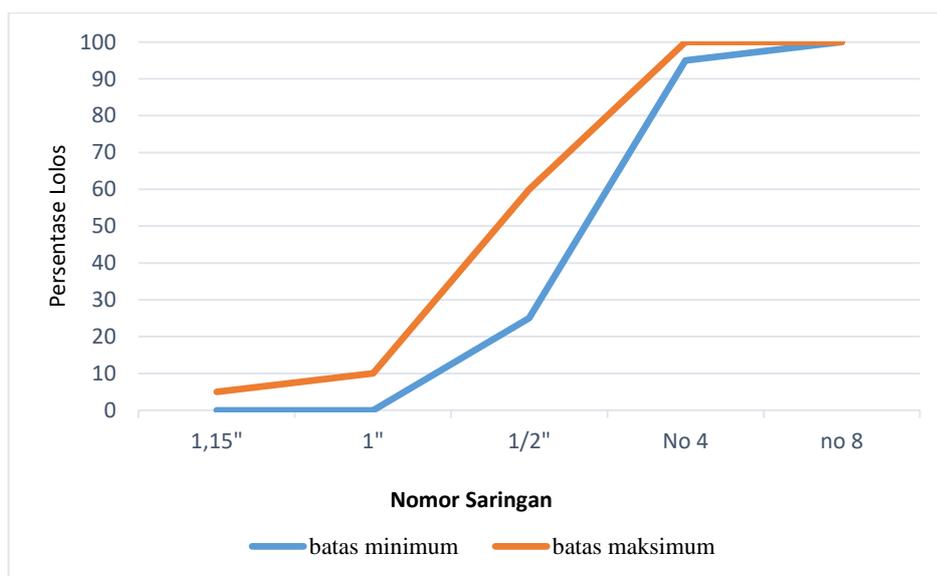
1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.

3. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat:
 - a. Sisa diatas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total.
 - b. Sisa diatas ayakan 4 mm lebih kurang 90%-98% berat total.
4. Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat total, minimum 10% berat total.

Menurut (SNI 03-2834, 2000) agregat kasar merupakan agregat yang semua butirannya tertinggal di atas ayakan 4,75 mm. Adapun spesifikasi gradasi agregat kasar menurut sni (SNI 03-2834-2000) dijelaskan melalui tabel 2.2

Tabel 2.2: Spesifikasi Garadasi Agregat Kasar (SNI 03-2834-2000)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 mm	
	Minimum	Maksimum
37,5 (1,5 in)	0	5
25 (1 in)	0	10
12,5 (½ in)	25	60
4,75 (No. 4)	95	100



Gambar 2. 1 Daerah Gradasi Agregat Kasar (SNI 03-2834-2000)

2.2.2. Agregat Halus

Agregat halus merupakan material penggisi beton yang berupa butiran pasir alami yang dihasilkan dari pecahan batuan atau pasir yang dihasilkan pabrik pemecah batuan. Agregat halus dalam campuran beton adalah agregat yang lolos ayakan 5 mm. Menurut (SNI 03-2834, 2000) Agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,75 mm yang biasanya disebut pasir. Jenis agregat ini dapat dibedakan lagi menjadi:

- Pasir Halus : \emptyset 0 – 1 mm
- Pasir Kasar : \emptyset 0 – 5 mm

Menurut peraturan (SK SNI T-15-1990-03, 1990) kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar. Pasir yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut:

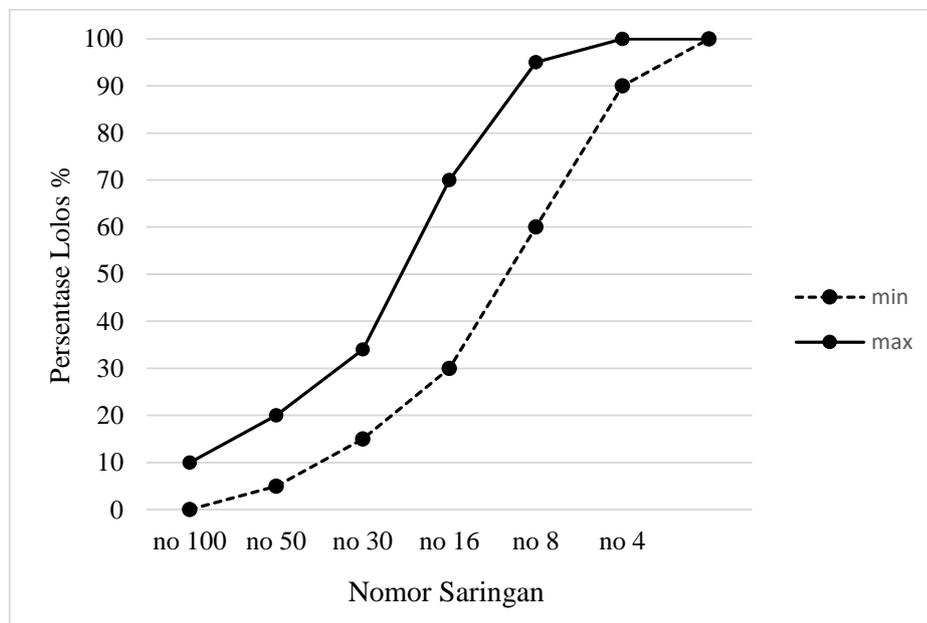
1. Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat akan lebih baik, sedangkan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras pula.
2. Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jika konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.
5. Gradasinya harus memenuhi syarat seperti Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Batas Gradasi Agregat Halus (SNI 03-2834, 2000)

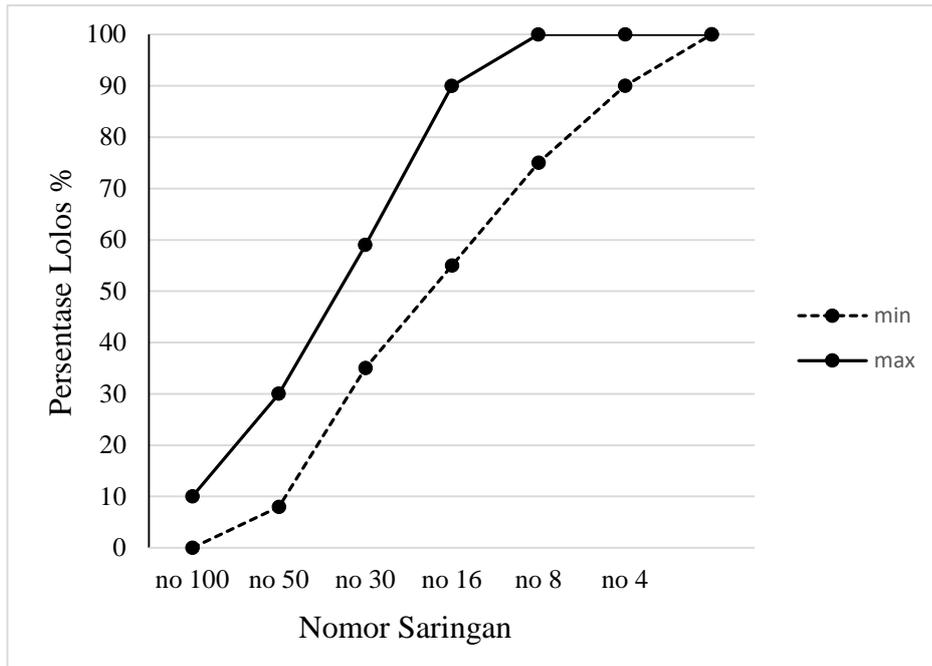
Lubang Ayakan (mm)	No.	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

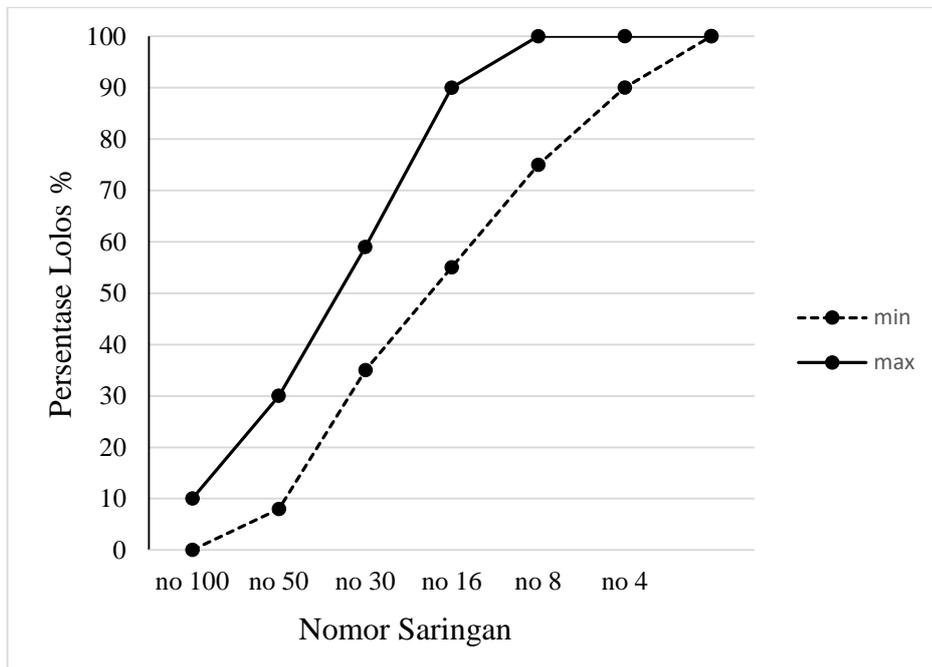
- Daerah gradasi I = Pasir kasar
- Daerah gradasi II = Pasir agak kasar
- Daerah Gradasi III = Pasir agak halus
- Daerah gradasi IV = Pasir halus



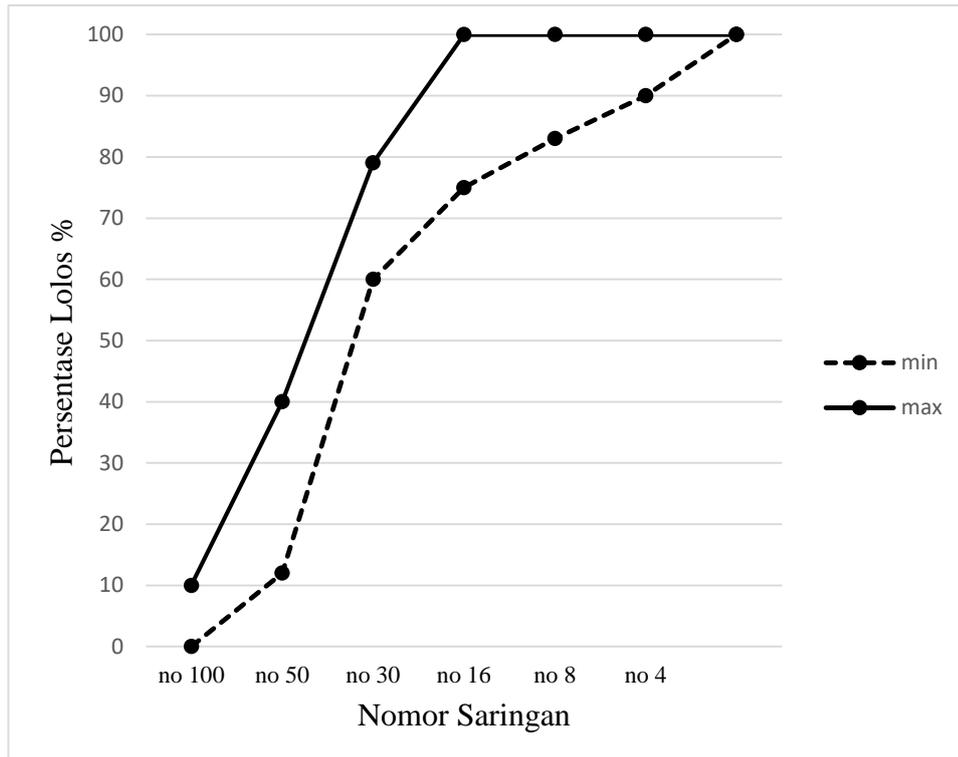
Gambar 2.2: Batas Gradasi Pasir Nomor I (Pasir Kasar) (SNI 03-2834, 2000)



Gambar 2.3: Batas Gradasi Pasir Nomor II (Pasir Agak Kasar) (SNI 03-2834, 2000)



Gambar 2.4: Batas Gradasi No III (Pasir Agak Halus) (SNI 03-2834, 2000)



Gambar 2.5: Batas Gradasi No IV (Pasir Halus)
(SNI 03-2834, 2000)

2.2.3. Semen

Penggunaan material semen sudah dilakukan sejak zaman dulu. Orang – orang Mesir Kuno menggunakan gips yang mengandung kalsium, yang di tambahkan air, pasir, split untuk membuat campuran beton. Orang Roma dan Yunani menggunakan batu kapur sebagai semen. Namun seiring berjalannya waktu ditemukan material semen dengan komposisi batuan kapur (lime stone), silica, alumina, Fe_2O_3 . Keempat bahan tersebut bereaksi satu sama lain di dalam kiln membentuk klinker mengandung 4 senyawa kompleks seperti yang tercantum pada tabel 2.4 :

Tabel 2. 4 : Senyawa kompleks pada semen

Nama Senyawa	Rumus Oksida	Notasi	Kadar rata- rata
Trikalsium Silikat	$3CaO \cdot SiO_2$	C_3S	55
Dicalcium Silikat	$2CaO \cdot SiO_2$	C_2S	25
Tricalcium alumat	$3CaO \cdot Al_2O_3$	C_3S	12
Tetracalsium Aluminoferit	$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$	C_4AF	8

Semen portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049, 2004). Membagi semen Portland menjadi 5 jenis:

Jenis I : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi

Jenis II : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

Jenis III : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi

Jenis IV : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.

Jenis V : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat

2.2.4. Air

Air merupakan bahan dasar dalam pembuatan beton. Air juga merupakan bahan yang paling penting dalam pembuatan beton karena air akan terjadi hidrasi kemudian akan mengikat agregat kasar, agregat halus dan semen yang kemudian akan mengeras setelah beberapa jam sehingga menghasilkan kemudahan pengerjaan (*workability*) dalam proses pembuatan beton.

Dalam proses hidrasi semen memerlukan 25% air dari berat semen yang digunakan. Jumlah air dapat ditentukan dari perbandingan berat terhadap berat semen. Apabila nilai faktor air semen $< 35\%$ akan menyebabkan kesulitan reaksi dalam pengerjaan beton segar (tanpa bahan tambahan).

Persyaratan Air untuk campuran beton (SNI 7974,2013)

1. Air yang dapat diminum bisa digunakan untuk campuran beton.
2. Air yang digunakan harus bersih dan terhindar dari bahan yang mampu merusak kualitas beton, seperti garam, asam, alkali, oli, atau bahan lainnya.

3. Air tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda yang tidak tercampur dengan air hingga dapat dilihat secara visual lebih dari 2 gram/liter sebab mampu mengurangi kelekatan beton.
4. Air tidak mengandung ion klorida dalam jumlah lebih dari 0,5 gram/liter. Air yang tidak dapat diminum tidak dianjurkan untuk digunakan.
5. Air tidak boleh mengandung senyawa sulfat (SO_3) lebih dari 1 gram/liter

2.3 Abu Sekam Padi

Abu sekam padi merupakan abu bekas pembakaran sekam padi. Sekam padi sendiri bisa di temukan di negara negara tropis seperti Indonesia, Malaysia, Thailand. Limbah sekam padi di Indonesia mencapai 137 juta Ton/ Tahun. Limbah abu sekam padi banyak memiliki berbagai manfaat salah satunya dapat diolah sebagai arang atau bahan pembakaran dikarenakan harganya yang relatif murah.

Abu sekam padi memiliki kandungan yang sama dengan semen yaitu Silika (Si) pada proses pembakaran di suhu $> 300^\circ$ abu sekam padi memiliki kandungan silika (Si), Namun ketika abu sekam padi di bakar pada suhu $< 300^\circ\text{C}$ maka kandungan yang terdapat pada abu sekam padi berupa karbon .

Tingginya kandungan pozzolan yang terdapat pada abu sekam padi berpotensi sebagai bahan pengganti semen atau sebagai zat aditive untuk bahan campuran beton. Pemanfaatan limbah abu sekam yang memiliki kandungan pozzolan yang tinggi dapat mencapai sifat mekanik pada beton.

Menurut (Darmawan & Anggraini, 2008) Proses reaksi silika pada abu sekam dengan CaO dalam kandungan semen dapat mempengaruhi peningkatan mutu beton. Penelitian terdahulu meneliti unsur-unsur kimia yang terdapat pada abu sekam padi seperti yang tertera pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Kandungan unsur-unsur kimia pada abu sekam padi (Hadipramana et al., 2016)

Komponen	% Berat
SiO_2	89,90
K_2O	4,50
CaO	1,01
P_2O	2,45

MgO	0,79
Fe ₂ O ₃	0,47
Al ₂ O ₃	0,46
MnO	0,14
CO ₂	0,10
S	0 < LLD

2.4 Kalsium (Ca)

Kalsium merupakan kandungan yang paling banyak dimiliki oleh semen. kandungan kalsium ini juga dapat kita temui di kapur. Kapur memiliki senyawa kimia yang terkandung dalam semen (Setiyarto et al., 2017). Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) Batu kapur merupakan salah satu komponen bahan bangunan yang berfungsi sebagai perekat. Kemampuan yang dimiliki kapur ini dapat dimanfaatkan untuk menambah campuran beton.

Pemilihan kapur sebagai campuran beton dilakukan karena kapur mengandung unsur Kalsium Oksida (CaO) yang merupakan komponen utama penyusun semen (Setiyarto et al., 2017). Kandungan Kimia yang terdapat pada kapur dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6: Kandungan Kimia Pada Kapur (Sihotang, 2002)

Parameter	Kadar (%)
Na ₂ O	0,095
Fe ₂ O ₃	0,41
MgO	2,72
K ₂ O	0,32
CaO	50,84
Al ₂ O ₃	0,682
SiO ₂	0,00

Penggunaan Kapur sebagai bahan pengganti sebagaimana semen bertujuan untuk mengurangi kadar penggunaan semen pada penelitian ini. Oleh karena itu di dapat

berbagai macam hasil yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu dalam membuat inovasi baru untuk mengurangi kadar penggunaan semen, yang dapat dilihat pada Tabel 2.7. dibawah ini:

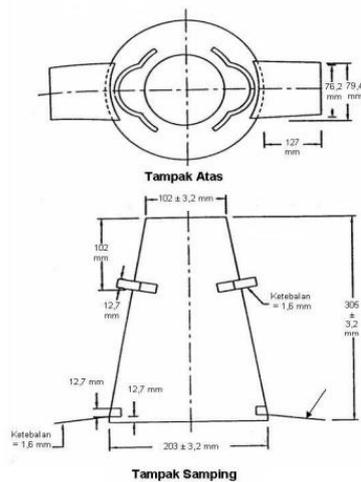
Tabel 2.7: Peneliti terdahulu (Jurnal Ilmiah)

No	Judul, Nama dan Tahun	Bahan	Hasil
1	Potensi Penggunaan Abu dan Kapur untuk Mengurangi Jumlah Semen dalam Campuran Beton(Setiyarto et al., 2017)	Abu Sekam padi dan kapur dengan Variasi 0%, 5%, 10%, 20%, dan 25% dari berat semen . Sebagai bahan substitusi pada semen	Berdasarkan hasil eksperimen diketahui bahwa campuran beton yang mengandung abu dan kapur sebesar 10% dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 1.52%, sehingga abu dan kapur berpotensi mengurangi penggunaan semen.
2	Pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton kinerja tinggi (Raharja, 2013)	Variasi pada semen 0%, 2,5% , 5%, 7,5%, 10%,15% dari berat semen .Dengan umur beton 28 hari	Peningkatan kuat tekan beton kinerja tinggi terjadi pada penggunaan abu sekam padi sebesar 2,5% , 5% , 7,5% , dan 10%. Kuat tekan maksimal terjadi pada penggunaan abu sekam padi sebesar 10% dari berat semen yaitu 101,07 MPa, lebih besar dari kuat tekan beton

No	Judul, Nama dan Tahun	Bahan	Hasil
3	Kapur Sebagai Bahan Tambah Untuk Beton Normal (Mulyono, 2007)	Kadar kapur yang di berikan pada penelitian ini menggunakan variasi 0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% dari total berat semen dengan umur beton 28 hari .	Rata - rata berat isi untuk berbagai variasi kadar kapur sebesar 2330 kg/m ³ . Nilai optimum kadar kapur yang didapat sebesar 19% dengan nilai kekuatan tekan sebesar 22.3 Mpa.

2.5 Uji Slump Test

Pengujian slump test dilakukan pada sampel yang menggunakan zat *additive*. Pengujian slump test dilakukan pada beton segar dengan menggunakan kerucut Abrams dengan tinggi kerucut 305 mm. Benda uji akan dimasukkan kedalam 3 lapisan kemudian di isi dengan kerucut 1/3 dari tinggi kerucut. Setiap lapisan kemudian dipadatkan dengan tongkat penusuk yg terbuat dari baja sebanyak 25 kali. Cara ini dilakukan untuk memastikan sampel memadat tanpa ada rongga-rongga yang terisisa. Setelah kerucut abrams penuh kemudian diratakan dengan sendok semen dan kerucut abrahms diangkat secara vertikal ke atas kemudian mengukur perbandingan tinggi kerucut dan sampel yang di uji .Proses uji slump test telah di jelaskan pada (SNI 03-1972., 1990). Pengujian slump bertujuan untuk mengetahui nilai viscosity pada beton dengan mengukur penurunan benda uji terhadap tinggi kerucut. Berikut merupakan gambar kerucut Abrams.



Gambar 2.6: Kerucut Abrams
Sumber : (SNI 1972, 2008)

2.6 Kuat Tekan

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (Pane et al., 2015). Kuat tekan pada beton biasanya dipengaruhi oleh komposisi mineral utama yang memberikan kontribusi yang cukup besar pada perkembangan kuat tekan awal (Sari, 2020)

Menurut Peraturan Beton Indoensia (PBI- 1971, diperbaiki dengan SK SNI T-15-1991-03 dan SNI 03-2847-2000), kuat tekan beton dinotasikan dengan f'_c , yaitu kuat tekan silinder beton yang disyaratkan pada waktu berumur 28 hari. Mutu beton dibedakan atas 3 macam menurut kuat tekannya, yaitu:

- Mutu beton dengan f'_c kurang dari 10 Mpa, digunakan untuk beton no struktur (misalnya: kolom praktis, balok praktis).
- Mutu beton dengan f'_c antara 10 Mpa sampai 20 Mpa, digunakan untuk beton struktural (misalnya: balok, kolom, pelat, maupun pondasi).
- Mutu beton dengan f'_c sebesar 20 Mpa keatas, digunakan untuk struktur beton yang direncanakan tahan gempa.

Kuat tekan beton dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut yaitu:

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Dimana :

$f'c$ = Kuat Tekan Saat Pengujian (kg/cm^2)

P = Beban Tekan (Kg)

A = Luas Penampang (cm^2)

Pada Tabel 2.8 Mengajukan agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah ditoleransikan (ASTM-C39, 1993)

Tabel 2.8: Waktu Pengujian Kuat Tekan Yang Di Toleransi Terhadap Umur Beton (ASTM-C39, 1993)

Umur Pengujian	Toleransi Waktu Yang Diizinkan
24 jam	0,5 jam atau 2,1 %
3 hari	2 jam atau 2,8 %
7 hari	6 jam atau 3,6 %
28 hari	20 jam atau 3,0 %
90 hari	48 jam atau 2,2 %

Pengujian kuat tekan dapat dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Dari umur beton tersebut dapat diestimasi dengan cara membagi hasil kuat tekan pada umur tertentu dengan koefisien kuat tekan beton yang sesuai dengan jumlah umur beton (Harahap, 2018).

Untuk Estimasi kuat tekan yang dilakukan terhadap kuat tekan umur 28 hari

$$f(\text{estimasi 28 hari}) = \frac{f(\text{saat pengujian})}{\text{koefisien}} \quad (2.2)$$

Dimana :

$f(\text{estimasi 28 hari})$ = kuat tekan estimasi 28 hari (kg/cm^2)

$f(\text{saat pengujian})$ = kuat tekan saat pengujian (kg/cm^2)

koefisien = koefisien dari umur beton

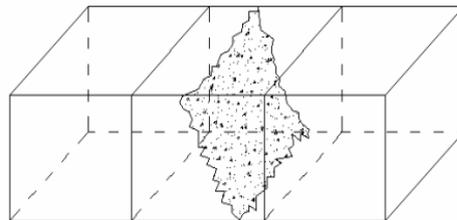
Tabel 2.9: Koefisien Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Terhadap Berbagai Umur (Tjokrodimuljo, 2007)

Umur (hari)	7	14	21	28
Koefisien	0,65	0,88	0,95	1.00

2.7 Kuat Lentur

Kuat lentur beton merupakan kemampuan beton dalam menahan lendutan hingga terjadi kegagalan (Yanti et al., 2019). Pembebanan pada 1/3 bentang untuk mendapatkan lentur murni tanpa gaya geser (SNI-4431, 2011). Benda uji pada uji kuat lentur adalah sebuah balok. Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar (Pane et al., 2015). Menurut (SNI 4431, 2011) untuk perhitungan kuat lentur pada beton di tinjau dari posisi keretakan yang terjadi pada balok

1. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakkan bagian tengah).

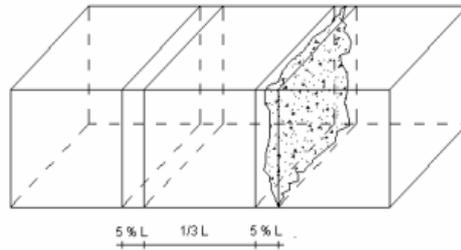


Gambar 2.7: Daerah 1/3 Jarak Titik Perletakkan Bagian Tengah

Maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_l = \frac{P.L}{B.h^2} \quad (2.3)$$

2. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakkan bagian tengah), dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakkan.

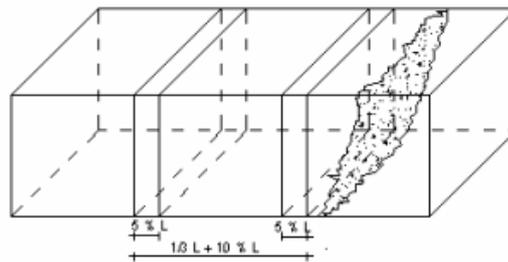


Gambar 2.8: Daerah patah diluar pusat jarak antara titik pusat dsan titik patah < 5% dari jarak antara titik perletakkan

maka kuat lentur beton maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan

$$\sigma_l = \frac{P.a}{B.h^2} \quad (2.4)$$

3. Jika letak patah berada di luar 1/3 bentang tengah dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah > 5% dari bentangnya maka hasil pengujian tidak di gunakan



Gambar 2.9: Daerah Patah Berada Di Luar 1/3 Bentang tengah dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah > 5%

Dimana :

σ_l = kuat lentur benda uji (Mpa)

p = adalah beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka di belakang koma)

l = adalah jarak (bentang) antara dua garis perletakkan (mm)

b = lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = lebar tampang lintang arah vertikal (mm)

a = jarak rata – rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metodologi ialah suatu cara atau langkah yang dipergunakan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan mengumpulkan, mencatat, mempelajari dan menganalisa data yang diperoleh.

Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium:

1. Data Primer

- a. Analisa Saringan
- b. Berat jenis dan penyerapan
- c. Pemeriksaan kadar air agregat
- d. Pemeriksaan kadar lumpur agregat
- e. Pemeriksaan berat isi agregat
- f. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).
- g. Kekentalan adukan beton segar (*Slump*).
- h. Pengujian kuat tekan beton
- i. Pengujian kuat lentur beton (*flexural*)

2. Data Sekunder

Data sekunder ini adalah data yang diperoleh dari buku-buku, jurnal-jurnal yang berhubungan teknik beton, dimasukkan pula referensi pembuatan beton berdasarkan.

1. SNI (Standart Nasional Indonesia) 03-2834-2000, tentang tata cara pembuatan rencana beton normal.
2. ASTM (*American Society For Testing and Materials*), ASTM-C39. (1993). Tentang standarisasi untuk tekan pada beton silinder.

3. Jurnal-jurnal ilmiah serta buku-buku, sebagai pendukung dalam acuan penelitian ini.
4. PBI (Peraturan Beton Indonesia), peraturan tata cara pembuatan beton yang ditetapkan secara tertulis.
5. SNI tentang pengujian kuat lentur beton (SNI 4431-2011) tentang Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan.
6. Laporan Praktikum Beton, sebagai referensi untuk menunjang dalam penelitian ini. Serta peneliti juga berkonsultasi langsung dengan kepala laboratorium beton di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Adapun penjelasan tentang langkah langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan material

Mempersiapkan material-material yang akan digunakan sebelum melakukan pemeriksaan seperti agregat kasar, agregat halus, semen, air dan bahan tambahan abu sekam padi dan kapur.

2. Pemeriksaan material

Pemeriksaan material ini dilakukan dengan pemeriksaan dasar seperti kadar lumpur, kadar air, berat jenis, berat isi dan analisa saringan.

3. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi yang digunakan pada penelitian ini sebagai bahan pengganti sebagian semen di dapat dari daerah Deli Serdang dengan spesifikasi abu sekam padi yg lolos pada saringan No.200.

4. Kalsium / Kapur

Kalsium (Ca) sebagai bahan pengganti sebagian semen pada penelitian ini juga. Menggunakan kapur yang di dapat secara komersial di toko material.

5. Mix Design

Dalam pembuatan mix design peneliti di bimbing langsung oleh dosen pembimbing untuk meminimalisir terjadinya kesalahan-kesalahan disaat menganalisa dan merencanakan kebutuhan pada campuran beton dengan perhitungan berdasarkan SNI (Standarisasi Nasional Indonesia).

6. Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji dilakukan setelah bahan yang telah disiapkan dengan proporsi campuran yang telah direncanakan sesuai perencanaan mix design. Semua material campuran beton yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen, air dan bahan tambahan abu sekam padi dan kapur di campur ke dalam mesin mixer.

7. Pengujian Slump

Sebelum melakukan tahap pencetakan dilakukan pengujian slump test pada beton segar untuk mengetahui nilai kekentalan dan plastisitas beton. Beton segar akan dimasukkan kedalam kerucut abrams dan akan dirojok dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali kemudian akan di lepas dan dihitung perbandingan penurunan beton segar dari tinggi kerucut abrams.

8. Pencetakan benda uji

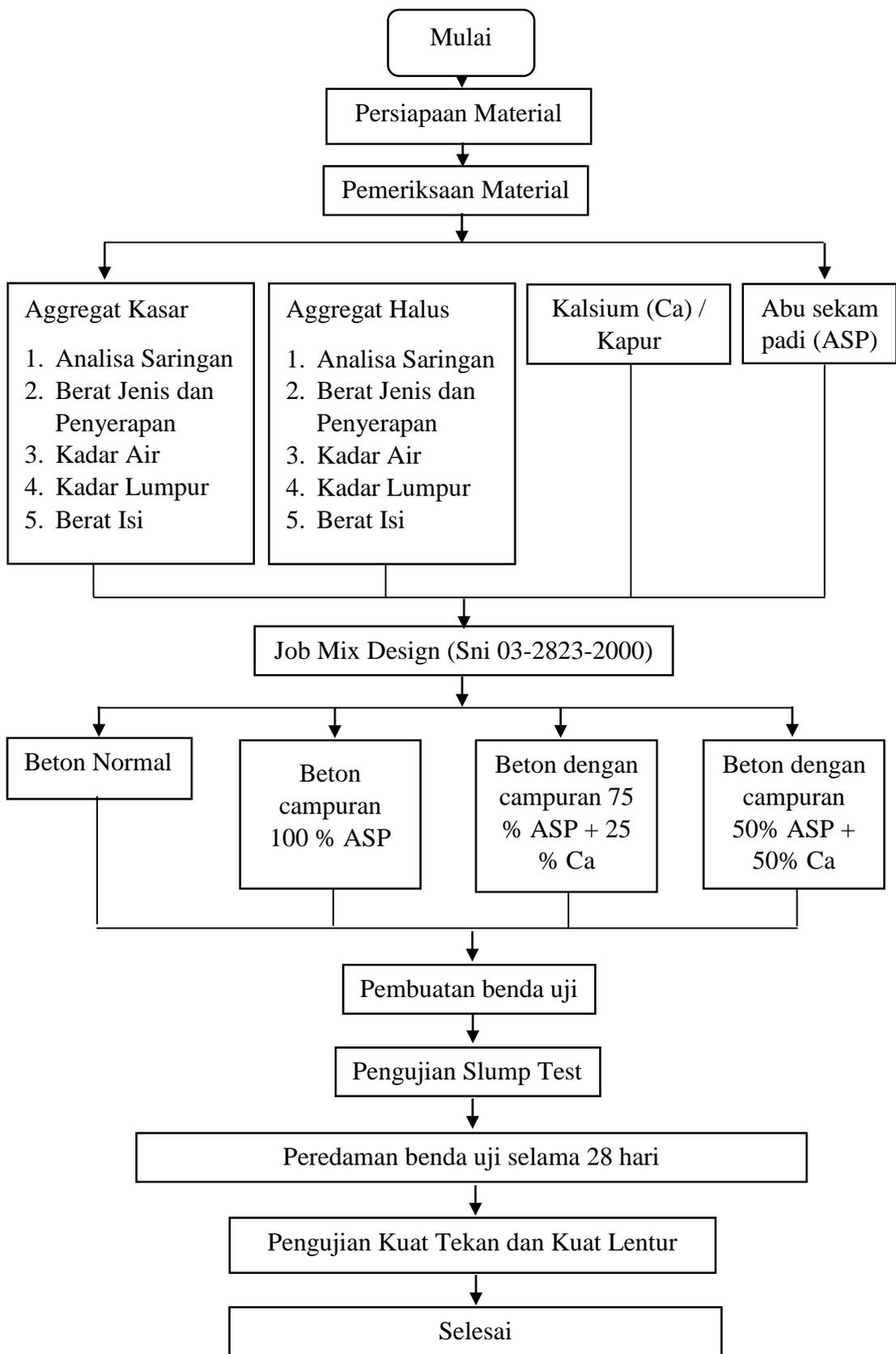
Dalam proses pencetakan benda uji yang telah di campur di dalam mixer akan di masukkan ke dalam cetakan silinder untuk pengujian kuat tekan dengan diameter 150 mm dan panjang 300 mm dan cetakan balok untuk pengujian kuat lentur dengan ukuran panjang 600 mm, lebar 150 mm dan tinggi 150 mm. Benda uji akan di cetak selama 24 jam.

9. Perawatan benda uji

Perawatan pada beton dilakukan pada saat beton telah di cetak selama 24 jam kemudian beton akan di rendam dalam bak berisi air sesuai umur beton yaitu 28 hari. Kemudian beton diangkat dari bak perendam sesuai umur beton dan akan di keringkan

10. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur

Benda uji yang telah di rendam sesuai umur nya kemudian diangkat dan dikeringkan kembali selama 24 jam. Setelah itu pengujian kuat tekan dan kuat lentur dapat di lakukan



Tabel 3.1: Diagram Alir

3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan di lakukan pada bulan Maret sampai bulan Juni 2021.

3.3 Bahan Dan Peralatan

3.3.1. Bahan

Bahan-bahan pembentuk beton yang akan digunakan adalah :

a. Agregat kasar

Agregat kasar dengan material batu split yang di dapat dari Binjai.

b. Agregat halus

Agregat halus dengan material pasir yang di dapat dari Binjai.

c. Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini yaitu semen PPC dengan merk semen Andalas.

d. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari PDAM Tirtanadi.

e. Abu sekam padi

Abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen pada penelitian ini di dapat dari daerah Deli Serdang.

f. Kapur

Kapur digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen juga pada penelitian ini di dapat secara komersial di toko material.

3.3.2. Peralatan

a. Ayakan / saringan agregat

Ayakan pada penelitian ini menggunakan ayakan No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, dan No.100 untuk agregat halus sedangkan saringan 1 1/2", 3/4", 3/8" dan No.4 untuk agregat kasar.

- b. Alat pendukung pengujian material.
- c. Timbangan digital.
- d. Alat pengaduk beton (*mixer*).
- e. Cetakan benda uji untuk kuat tekan dengan cetakan silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, untuk uji kuat lentur cetakan dengan bentuk balok ukuran panjang 600 mm, lebar 150 mm dan tinggi 150 mm.
- f. Mesin kompres (*compression test*).
- g. Alat pengukur besarnya perubahan panjang (*Dial Gauge*).

3.4 Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material yang diperoleh telah sampai lokasi, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian dan juga agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material. Material dibersihkan dari lumpur kemudian melakukan penjemuran pada material yang basah.

3.5 Pemeriksaan Agregat

Pada penelitian ini pemeriksaan agregat menggunakan panduan dari SNI dan laporan praktikum beton program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sebagai dalam tata cara pembuatan beton.

3.6 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar Dan Halus

A. Pemeriksaan Kadar Air Anggregat Kasar

Rumus

- Berat sampel SSD + berat wadah (W_1)
- Berat sampel kering oven + berat wadah (W_2)
- Berat wadah (W_3)
- Berat air = $(W_1 - W_2)$
- Kadar air = $\frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat sample kering oven}} \times 100\%$ (3.1)

B. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Rumus

- Berat sampel SSD + berat wadah (W_1)
- Berat sampel kering oven + berat wadah (W_2)
- Berat wadah (W_3)
- Berat air = ($W_1 - W_2$)
- Kadar air = $\frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat sample kering oven}} \times 100\%$ (3.2)

3.7 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar dan Halus

A. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Rumus

- Berat sampel kering (A).
- Berat sampel kering setelah dicuci (B).
- Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci
(C) = A – B
- Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci
(D) = $\frac{C}{A} \times 100\%$

B. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Rumus

- Berat sampel kering (A).
- Berat sampel kering setelah dicuci (B).
- Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci
(C) = A – B
- Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci
(D) = $\frac{C}{A} \times 100\%$

3.8 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar Dan Halus

A. Berat jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Rumus

- Bulk grafiti dry (Berat Jenis Kering) $= \frac{C}{(A-B)}$ (3.3)

- Bulk grafiti SSD (Berat jenis SSD) $= \frac{A}{(A-B)}$ (3.4)

- Apparent Specific Grafiti (Berat Jenis Semu) $= \frac{C}{(C-B)}$ (3.5)

- Absorbtion (Penyerapan) $= \left(\frac{C}{(A-B)} \right) \times 100\%$ (3.6)

Keterangan:

A = Berat sampel SSD kering permukaan jenuh

B = Berat sampel SSD jenuh

C = Berat sampel SSD kering oven

B. Berat jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Rumus

- Bulk grafiti dry (Berat Jenis Kering) $= \frac{E}{(B+D-C)}$ (3.7)

- Bulk grafiti SSD (Berat jenis SSD) $= \frac{B}{(B+D-C)}$ (3.8)

- Apparent Specific Grafiti (Berat Jenis Semu) $= \frac{E}{(E+D-C)}$ (3.9)

- Absorbtion (Penyerapan) $= \left(\frac{(B-E)}{E} \right) \times 100\%$ (3.10)

Keterangan:

B = Berat sampel SSD kering permukaan jenuh

C = Berat sampel SSD di dalam piknometer penuh air

D = Berat piknometer penuh air

E = Berat sampel SSD kering oven

3.9 Berat Isi Agregat Kasar Dan Halus

A. Berat Isi Agregat Kasar

Rumus

- Berat agregat + wadah (W_1)
- Berat wadah (W_2)
- Berat agregat (W_3) = ($W_1 - W_2$)
- Volume Wadah (V)
- Berat isi = $\frac{W_3}{V}$ (3.11)

B. Berat Isi Agregat Halus

Rumus

- Berat agregat + wadah (W_1)
- Berat wadah (W_2)
- Berat agregat (W_3) = ($W_1 - W_2$)
- Volume Wadah (V)
- Berat isi = $\frac{W_3}{V}$ (3.12)

3.10 Abu Sekam Padi

Abu sekam padi adalah abu yang berasal dari abu bekas pembakaraan limbah abu sekam padi. Warna abu sekam padi dari putih keabu-abuan sampai hitam, warna ini tergantung dari sumber sekam padi dan suhu pembakaran. Abu sekam padi pada penelitian ini di dapat dari daerah Deli Serdang

3.11 Kalsium (Ca) / Kapur

Kapur adalah material yang berasal dari batuan sedimen. Zat pada kapur yang memiliki kandungan sama dengan semen yang tersusun dari mineral kalsium. Kapur merupakan sedimen berwarna putih yang memiliki 3 senyawa utama yaitu kalsium karbonat, kalsium oksida, dan kalsium hidroksida. Kapur pada penelitian ini di dapat secara komersial di toko material.

3.12 Perencanaan Campuran Beton

Tahap awal sebelum melakukan perencanaan campuran beton dilakukan pengujian terhadap komponen-komponen dasar pembentuk beton sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia) yaitu pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar serta air. Selanjutnya dilakukan perencanaan campuran beton berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia).

3.13 Mix Design

Menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang ekonomis, memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan, serta memiliki kelecakan yang sesuai sehingga mempermudah proses pengerjaan.

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000. Perencanaan campuran adukan beton menurut SNI 03- 2834-2000 adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan f_c' pada umur tertentu.
2. Menghitung deviasi standar.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.12)$$

Dengan :

S = Deviasi standar

x_i = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

\bar{x} = Kuat tekan beton rata-rata menurut rumus :

$$\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.13)$$

Dengan :

n adalah jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimum 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji.) dua hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus sebagai berikut :

- a. Mewakili bahan - bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
- b. Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan $f'c$ yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai f_{cr} yang ditentukan.
- c. Paling sedikit terdiri dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari.
- d. Bila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi deviasi standar, tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali dari Tabel 3.3.

Tabel 3.2: Faktor Pengali Untuk Standar Deviasi Berdasarkan Jumlah benda uji yang tersedia

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
<15	f_{c+12} Mpa
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥ 30	1,00

3. Menghitung nilai tambah margin

Tabel 3.3: Nilai Tambah Margin

Tingkat Mutu Pekerjaan	S (MPa)
Memuaskan	2,8
Hampir memuaskan	3,5
Sangat baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5
Kurang	7,0

M adalah nilai tambah 5,7 adalah tingkat mutu pekerjaan baik.

4. Menghitung kuat tekan beton rata rata f_{cr}

Untuk mendapatkan kuat tekan beton rata – rata (f_{cr}) diambil dari point 2 + point 3 (Nilai standar deviasi + Nilai margin)

$$f_{cr} = f' C + M \quad (3.14)$$

f_{cr} = kuat tekan rata-rata perlu (Mpa)

$f' C$ = kuat tekan yang diisyaratkan (Mpa)

M = Nilai tambah, Mpa

5. Menetapkan jenis semen.

6. Penetapan jenis agregat :

Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus, berupa aggregate alami

- Agregat kasar (Batu Pecah)
- Agregat halus (Pasir)

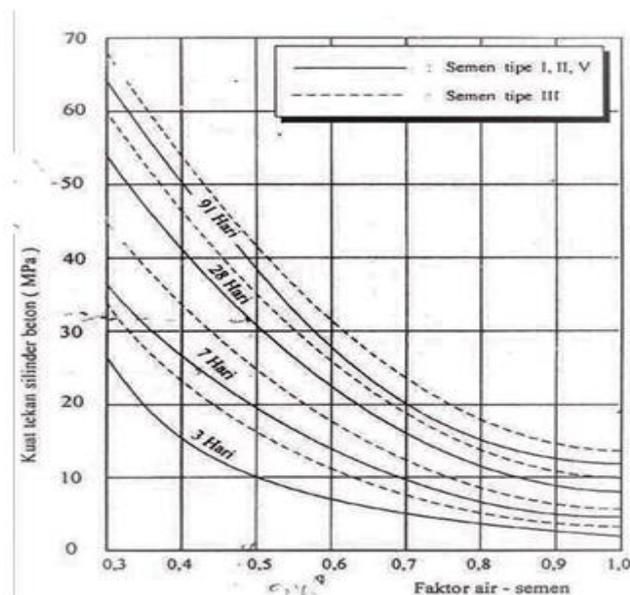
7. Penetapan nilai faktor air semen bebas :

Menghubungkan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan gambar 3.1 langkah- langkah berikut:

- a. Menentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai.
- b. Menarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir 1 di atas.
- c. Menarik garis lengkung melalui titik pada sub butir 2 secara proporsional.
- d. Menarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 3 di atas.
- e. Menarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan factor air semen yang diperlukan.

Tabel 3.4: Perkiraan Kekuatan Tekan (Mpa) Beton Dengan Faktor Air Semen Dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai Di Indonesia

Jenis semen	Jenis Agregat Kasar	Kakuatan tekan (Mpa)				
		Pada umur (hari)				Bentuk Bentuk uji
		3	7	28	29	
Semen portland Tipe I atau	Batu tak dipecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
semen tahan sulfat tipe II, V	Batu tak dipecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	23	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	



Gambar 3.1: Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Faktor Air Semen

- Menentukan faktor air semen maksimum atau dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak. Jika nilai faktor air semen yang diperoleh dari butir 7 di atas lebih kecil dari yang dikehendaki, maka yang dipakai yang terendah.

9. Menetapkan nilai slump.

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, didapatkan dan diratakan.

10. Menentukan ukuran besar butir agregat maksimum jika tidak ditetapkan. Besar butir agregat maksimum tidak boleh melebihi:

- 1) Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.
- 2) Sepertiga dari tebal pelat.
- 3) Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang.

11. Menentukan nilai kadar air bebas

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut :

- 1) Agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada tabel 3.5.
- 2) Agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k \quad (3.15)$$

Dengan :

W_h = adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus.

W_k = adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5: Perkiraan kadar air bebas

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-80
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat				
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak di pecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Catatan : Koreksi suhu udara untuk suhu di atas 25°C, setiap kenaikan 5°C harus ditambah air 5 liter per m² adukan beton.

12. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen.

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{fas} \quad (3.16)$$

Diketahui :

W_{semen} = Jumlah semen (kg/m^3)

W_{air} = Kadar air bebas

fas = Faktor air semen bebas

13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.

14. Menentukan jumlah semen semimum mungkin, Jika tidak lihat Tabel 3.6 jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.

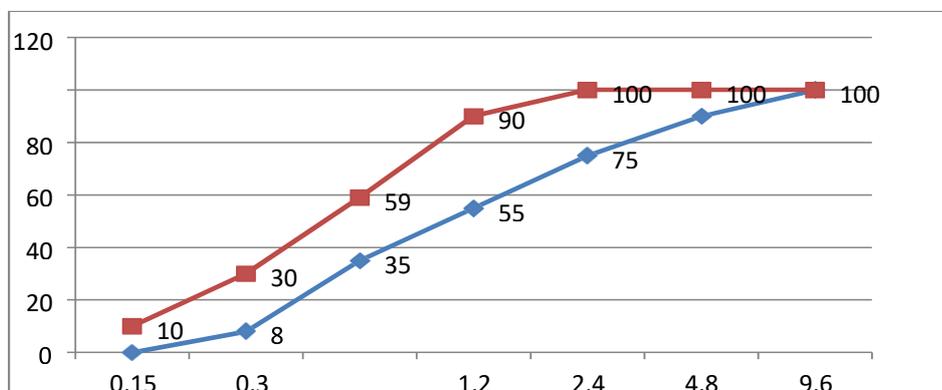
Tabel 3.6: Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,62
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton masuk ke dalam tanah: a. Mengalami keadaan basah dankering berganti-ganti. b. Mendapat pengaruh sulfat danalkali dari tanah. Beton yang kontinyu berhubungan: a. Air tawar b. Air laut	325	0,55

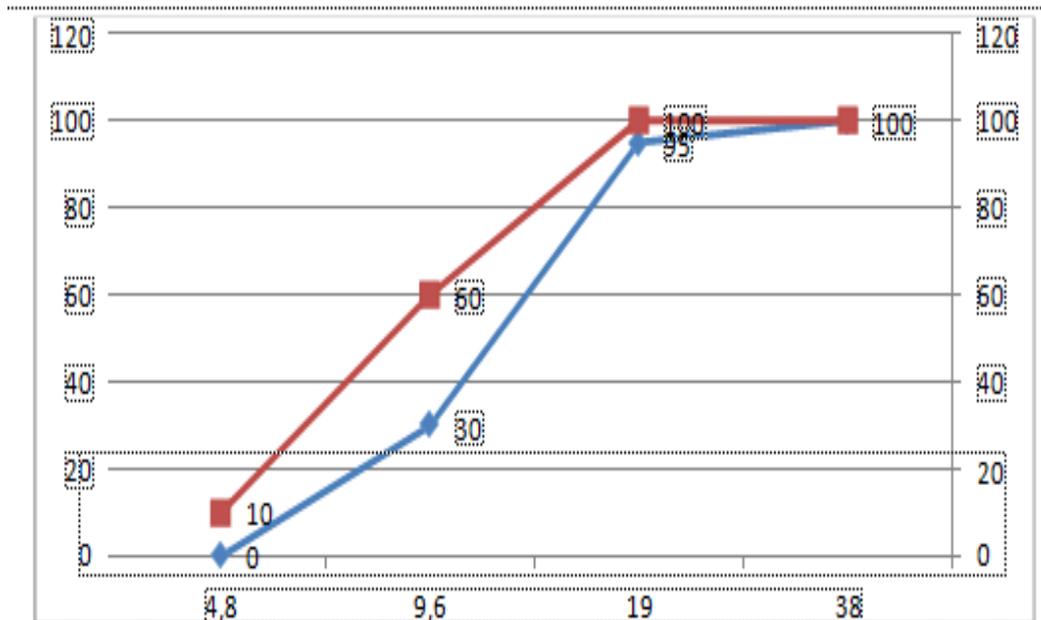
15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.

Menentukan susunan butir agregat halus (pasir kalau agregat halus sudah dikenal dan sudah dilakukan analisa ayak menurut standar yang berlaku, maka kurva dari pasir ini dapat dibandingkan dengan kurva-kurva yang tertera dalam Gambar 3.2 Grafik Gradasi Agregat Sedang Gradasi No. 2 (SNI-03-2834-2000)



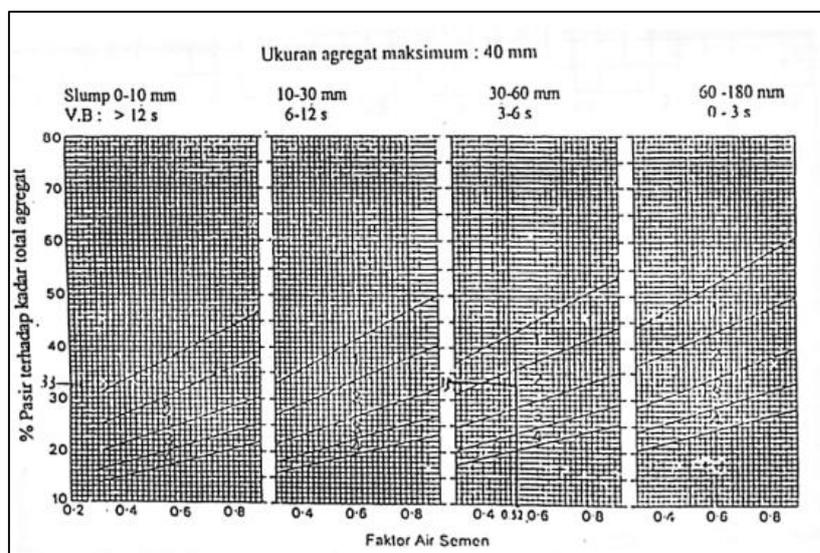
Gambar 3.2: Batas gradasi pasir (Sedang) No. 2

16. Menentukan susunan agregat kasar menurut gambar



Gambar 3.3: Grafik Gradasi Split Ukuran Maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000)

17. Menentukan persentase pasir dengan perhitungan ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10, slump menurut butir 9, faktor air semen menurut butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik.



Gambar 3.4: Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Di Anjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm.

18. Menghitung berat jenis relative agregat. Berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut:

1. Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini :

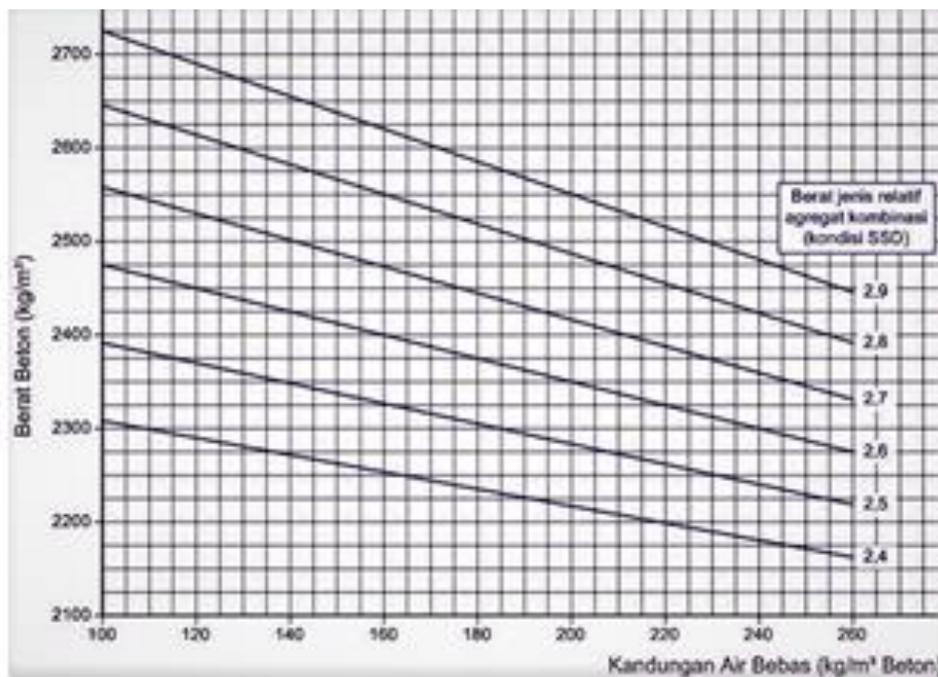
- a. agregat tak dipecah : 2,5
- b. agregat dipecah : 2,6 atau 2,7

2. Berat jenis agregat gabungan dihitung sebagai berikut:

Berat jenis agregat gabungan = persentase agregat halus x berat jenis agregat halus + persentase agregat kasar x berat jenis agregat kasar.

19. Perkiraan berat isi beton

Menentukan berat isi beton menurut Gambar 3.5 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari gambar 3.4 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.



Gambar 3.5: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.

20. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.

$$= (\text{Berat Isi Beton} - (\text{Jumlah Semen} + \text{Kadar Air Bebas}))$$

21. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21.
= (persen agregat halus x kadar agregat gabungan)
22. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi kadar agregat halus butir 22 dari langkah- langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1 m³ beton.
= (Kadar Agregat Gabungan – Kadar Agregat Halus)
23. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.
24. Mengkoreksi proporsi campuran menurut perhitungan.

3.14 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk balok dengan ukuran panjang 600 mm, lebar 150 mm, dan tinggi 150 mm yang berjumlah 12 buah untuk pengujian kuat lentur. Dan untuk pengujian kuat tekan menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan tinggi berukuran 300 mm dan diameter 150 mm yang berjumlah 8 buah.

3.15 Pengujian Slump

Pengukuran tinggi slump dilakukan untuk menentukan kondisi kekentalan dan plastisitas pada campuran beton segar (*fresh concrete*). Kekentalan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh (SNI 03-2834-2000)

3.16 Perawatan Beton

Perawatan beton dilakukan Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, kemudian dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air sampai saat uji kuat tekan dan kuat lentur dilakukan, yaitu pada umur 28 hari. Jumlah sampel perendaman direncanakan sebanyak 20 buah dengan 3 variasi rendaman dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7: Jumlah sampel Setiap Komposisi

No	variasi	Umur Beton 28 Hari	
		Kuat tekan	Kuat Lentur
1.	Beton normal (100% PC)	2 sampel	3 sampel
2	100% ASP + 0% Kapur	2 sampel	3 sampel
3	75% ASP + 25 % Kapur	2 sampel	3 sampel
4	50% ASP + 50% Kapur	2 sampel	3 sampel
Total		20 sampel	

3.17 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian Kuat Tekan dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 03-2491-2002. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas 1500 KN. Benda uji diletakkan tegak berdiri di atas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Jumlah sampel pengujian direncanakan sebanyak 8 buah.

3.18 Pengujian Kuat lentur

Pengujian kuat lentur dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 4431-2011. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji kuat lentur dengan kecepatannya 8 kg/cm²- 10 kg/cm² tiap menit. Benda uji diletakkan pada arah memanjang di atas tumpuan alat penguji kemudian beban diatur untuk menghindari terjadinya benturan. Sebelum di uji benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Setelah di uji hitung lebar dan tinggi tampang lintang patah dari tumpuan. Kemudian menghitung nilai kuat lentur berdasarkan posisi patahnya. Jumlah sampel pengujian yang di rencanakan sebanyak 12 buah.

3.19 Jadwal Penelitian

Berikut adalah jadwal penelitian

No	Uraian kegiatan	Bulan 3				Bulan 4				Bulan 5			
		Minggu				Minggu				Minggu			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan bahan :												
a	Aggregat kasar (batu pecah)	■											
b	Aggregat halus (pasir)	■											
c	Semen				■	■	■	■	■	■			
d	Air	■											
e	Abu sekam padi	■											
f	Kapur	■											
2	Persiapan Alat :												
a	Izin menggunakan laboratorium	■											
b	Bak perendaman				■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Pelaksanaan :												
a	Analisa saringan	■											
b	Kadar air agregat kasar dan halus	■	■										
c	Berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan halus	■	■										
d	Berat isi agregat kasar dan agregat halus	■	■										
e	Kadar lumpur agregat kasar dan halus	■	■										
f	Mix design		■	■									
h	Membuat campuran beton												
	Pemeriksaan Kuat Tekan (Benda Uji Silinder)												
	Beton normal tanpa campuran												
	Umur Beton 28 hari (2 sampel)				■	■	■	■					

No	Uraian kegiatan	Bulan 3				Bulan 4				Bulan 5			
		Minggu				Minggu				Minggu			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
-	Variasi 100% ASP + 0% Ca												
	Umur beton 28 hari (2 sampel)												
-	Variasi 75% ASP + 25 % Ca												
	Umur beton 28 hari (2 sampel)												
-	Variasi 50% ASP + 50% Ca												
	Umur beton 28 hari (2 sampel)												
	Pemeriksaan Kuat Lentur Beton (Benda Uji Balok)												
-	Beton normal												
	Umur 28 hari (3 sampel)												
-	Variasi 100% ASP + 0% Kapur												
	Umur 28 hari (3 sampel)												
-	Variasi 75% ASP + 25 % kapur												
	Umur 28 hari (3 sampel)												
-	Variasi 50% ASP + 50 %kapur												
	Umur 28 hari (3 sampel)												
4	Pemeriksaan Kuat Tekan Beton												
	Beton normal tanpa campuran												
	Umur 28 hari												
	Variasi 100% ASP + 0% Kapur												
	Umur 28 hari												
	Variasi 75% ASP + 25 % kapur												
	Umur 28 hari												
	Variasi 50 % ASP + 50 % kapur												
	Umur beton 28 hari												
5	Pemeriksaan Kuat Lentur Beton												
	Beton Normal Tanpa Campuran												

No	Uraian kegiatan	Bulan 3				Bulan 4				Bulan 5			
		Minggu				Minggu				Minggu			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Umur beton 28 hari												
	Variasi 100% ASP + 0% Kapur												
	Umur beton 28 hari												
	- Variasi 75% ASP + 25% Kapur												
	Umur beton 28 hari												
	- Variasi 50% ASP + 50% Kapur												
	Umur beton 28 hari												

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAAN

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus. Peneliti memperoleh data material meliputi analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, berat isi, kadar air, dan kadar lumpur. Pemeriksaan dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat serta mengikuti buku panduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.1 Pemeriksaan Agregat Kasar

4.1.1 Analisa Gradasi Agregat Kasar

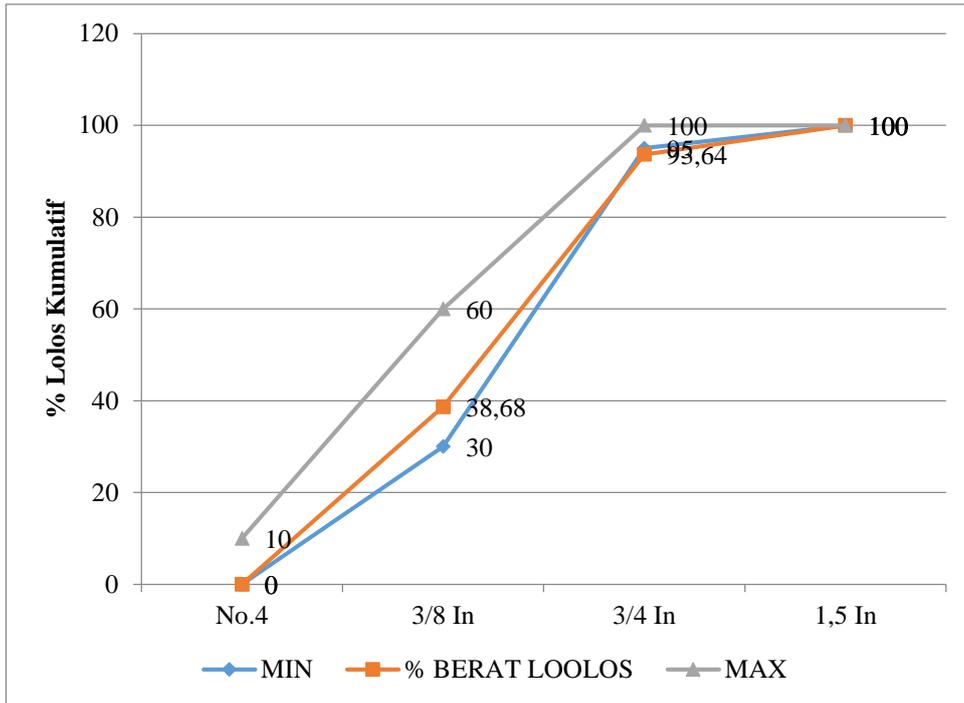
Dari Hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 40 mm. Dan berdasarkan Acuan SNI 03-1968-1990 tentang analisa saringan agregat kasar. Dari hasil penelitian ini di dapat nilai analisa gradasi agregat kasar yang tertera pada tabel berikut :

Tabel 4.1: Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Komulatif	
	Sampe I I (gr)	Sampel II (gr)	Berat Total (gr)	%	Tertahan (%)	Lolos (%)
38.1 (1,5 In)	0	0	0	0	0	100
19.0 (3/4 In)	90	69	159	6,36	6,36	93,64
9.52 (3/8 In)	705	669	1374	54,96	61,32	38,68
4.75 (No. 4)	455	512	967	38,68	100	0
Total	1250	1250	2500	100		

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 667,68 %

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus Kehausan)} &= \frac{\text{Jumlah \% kumulatif tertahan}}{100} \\ &= \frac{667,68}{100} \\ &= 6,67 \end{aligned}$$



Gambar 4.1: Grafik Gradasi Agregat Kasar

Dari hasil pengujian didapat hasil FM sebesar 6,67%. Nilai ini melebihi batas yang diijinkan ASTM C33 – 93, yaitu 6 - 7% sehingga gradasi agregat tersebut cenderung kasar.

4.1.2 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

Tabel 4.2: Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Agregat kasar	Sampel I	Sampel II	Rata-rata	Satuan
Berat SSD (A)	2492	2456	2474	gr
Berat SSD kering oven (C)	2480	2459	2469.5	gr
Berat SSD di dalam air (B)	1550	1529	1539.5	gr
BJ Bulk = $(C / (A - B))$	2,63	2,65	2,64	gr
BJ SSD = $(A / (A - B))$	2,65	2,65	2,65	gr
BJ Semu = $(C / (C - B))$	2,67	2,64	2,66	gr
Absorption = $([(A - C) / C] \times 100\%)$	0,48	-0,12	0,18	%

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji berat jenis penyerapan agregat kasar dari 2 sampel dengan berat sampel SSD rata – rata 2474 gr. Dari percobaan ini di dapat nilai rata – rata BJ bulk 2,64 gr, BJ SSD 2,65 gr dan BJ Semu 2,66 gr. Sehingga rata – rata nilai penyerapan yang di dapat pada percobaan ini sebesar 0,18% dan dapat dikategorikan sebagai agregat kasar normal karena masih dalam batas nilai yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7.

4.1.3 Berat Isi Agregat Kasar

Hasil pengujian berat isi agregat kasar dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan. Maka hasil pengujian berat isi agregat kasar pada pada percobaan ini tertera pada tabel 4.3.

Tabel 4.3: Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian	Satuan	Cara			Rata-rata
		Lepas	Tusuk	Penggoyangan	
Berat contoh	gr	18836	19837	20523	19732
Berat wadah	gr	5336	5336	5336	5336
Berat contoh & wadah	gr	24172	25173	25859	25068
Volume wadah	cm ³	11125,4	11125,4	11125,4	11125,4
Berat isi	gr/cm ³	1,69	1,78	1,84	1,77

Dari pengujian berat isi agregat kasar pada penelitian ini di dapat nilai 1,77 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diizinkan yaitu maksimal 1,2 gr/cm³ sesuai (SNI No.52-1980)

4.1.4 Kadar Air Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar didapatkan kadar air agregat sebagai berikut:

Tabel 4.4: Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	2009	1993
Berat contoh SSD	gr	1500	1500
Berat contoh kering oven & berat wadah	gr	2004	1989
Berat wadah	gr	509	493
Berat air	gr	5	4
Berat contoh kering	gr	1495	1496
Kadar air	%	0,33	0,27
Rata-rata		0,30	

Dari pengujian kadar air agregat kasar pada percobaan ini dengan percobaan 2 sampel. Di dapat nilai kadar air pada sampel 1 sebesar 0,33 % dan sampel 2 sebesar 0,27% sehingga di dapat nilai rata – rata sebesar 0,30

4.1.5 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar di dapatkan kadar lumpur agregat sebagai berikut:

Tabel 4.5: Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar.

Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat SSD	gr	1500	1500	1500
Berat SSD setelah dicuci	gr	1497	1494	1496
Berat kotoran	gr	3	6	5
Persentase kotoran	%	0,2	0,4	0,3

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar didapatkan persentase rata-rata sebesar 0,3 %. Nilai ini masih dalam batas nilai yang diijinkan yaitu maksimal 1 % (SK SNI S-04-1989-F), sehingga agregat tidak perlu dicuci kembali.

4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

4.2.1 Analisa Gradasi Agregat Halus

Pemeriksaan analisa saringan dilakukan berdasarkan acuan SNI 03-1968-1990 tentang analisa saringan agregat halus. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.6: Hasil Pengujian Analisa Gradasi Agregat Halus Dengan Batas Zona 2

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Komulatif	
	Sampel I (gr)	Sampel II (gr)	Berat Total (gr)	%	Tertahan (%)	Lolos (%)
4.75 (No. 4)	78	83	161	6,44	6,44	93,56
2.36 (No. 8)	91	102	193	7,72	14,16	85,84
1.18 (No. 16)	142	157	299	11,96	26,12	73,88
0.60 (No. 30)	450	394	844	33,76	59,88	40,12
0.30 (No. 50)	329	368	697	27,88	87,76	12,24

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Sampel I (gr)	Sampel II (gr)	Berat Total (gr)	%	Tertahan (%)	Lolos (%)
0.15 (No. 100)	103	82	185	7,40	95,16	4,84
PAN	57	64	121	4,84	100	0
Total	1250	1250	2500	100		

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.4} = \frac{161}{2500} \times 100\% = 6,44 \%$$

$$\text{No.8} = \frac{193}{2500} \times 100\% = 7,72 \%$$

$$\text{No.16} = \frac{299}{2500} \times 100\% = 11,96 \%$$

$$\text{No.30} = \frac{844}{2500} \times 100\% = 33,76 \%$$

$$\text{No.50} = \frac{697}{2500} \times 100\% = 27,88 \%$$

$$\text{No.100} = \frac{185}{2500} \times 100\% = 7,40 \%$$

$$\text{PAN} = \frac{121}{2500} \times 100\% = 4,84 \%$$

- Persentasi Berat Kumulatif Tertahan

$$\text{No.4} = 0 + 6,44 = 6,44 \%$$

$$\text{No.8} = 6,44 + 7,72 = 14,16 \%$$

$$\text{No.16} = 14,16 + 11,96 = 26,12 \%$$

$$\text{No.30} = 26,12 + 33,76 = 59,88 \%$$

$$\text{No.50} = 59,88 + 27,88 = 87,76 \%$$

$$\text{No.100} = 87,76 + 7,40 = 95,16 \%$$

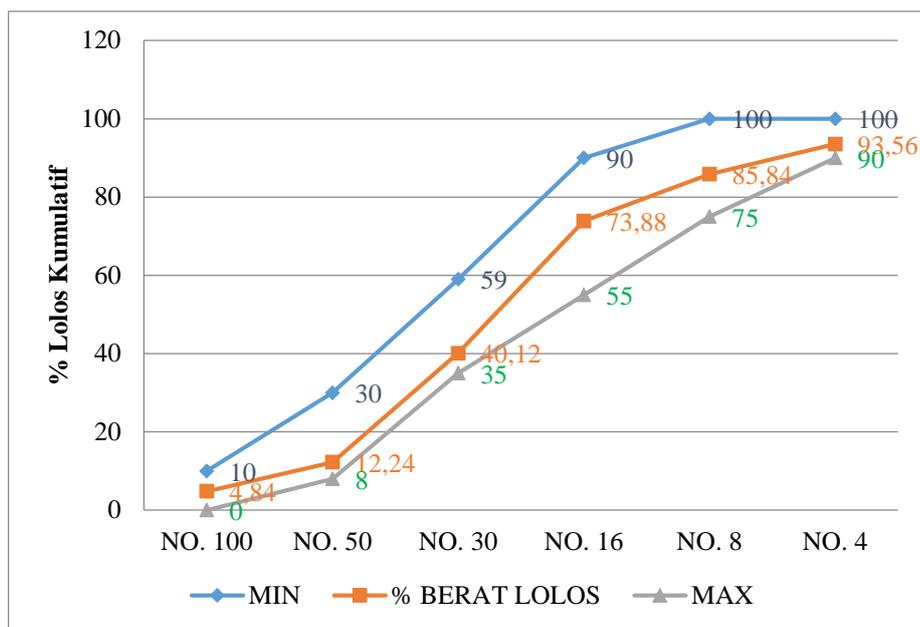
$$\text{PAN} = 95,17 + 4,84 = 100 \%$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 289,52 %

$$\text{FM (Modulus Kehausan)} = \frac{\text{Jumlah \% kumulatif tertahan}}{100}$$

$$= \frac{289,52}{100}$$

$$= 2,89$$



Gambar 4.2: Grafik Gradasi Agregat Halus (Zona 2)

Dari Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada percobaan ini didapat FM sebesar 2,89%. Nilai tersebut masih diijinkan untuk termasuk sebagai agregat halus, dimana nilai yang diijinkan adalah 1,5% - 3,8% berada di zona 2.

4.2.2 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus didapatkan berat jenis dan penyerapan agregat sebagai berikut:

Tabel 4.7: Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus

Agregat halus Lolos ayakan No.4	Satuan	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
Berat SSD (B)	gr	500	500	500
Berat SSD keringoven (E)	gr	486	488	487
Berat Pic+ air (D)	gr	689	692	690,5
Berat SSD + berat pic + air (C)	gr	993	995	994
BJ Bulk = $(E / (B + D - C))$		2,47	2,47	2,47
BJ SSD = $(B / (B + D - C))$		2,55	2,53	2,54
BJ Semu = $(E / (E + D - C))$		2,67	2,63	2,65

Agregat halus Lolos ayakan No.4	Satuan	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
Absorption = $([(B - E) / E] \times 100\%)$	%	2,88	2.45	2,66

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji berat jenis penyerapan agregat halus dari 2 sampel dengan berat sampel SSD rata – rata 500 gr. Dari percobaan ini di dapat nilai rata – rata BJ bulk 2,47 gr, BJ SSD 2,54 gr dan BJ Semu 2,65 gr sehingga rata – rata nilai penyerapan yang di dapat pada percobaan ini sebesar 2,66% dan dapat dikategorikan sebagai agregat kasar normal karena masih dalam batas nilai yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7.

4.2.3 Berat Isi Agregat Halus

Pemeriksaan berat isi dilakukan dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan. Pemeriksaan berat isi agregat halus didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.8: Hasil Pemeriksaan Berat Isi

Pengujian	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	Rata - rata	Satuan
Berat contoh	17566	18306	18383	18085	gr
Berat wadah	5336	5336	5336	5336	gr
Berat contoh & wadah	22902	23642	23719	23421	gr
Volume wadah	11125.4	11125,4	11125,4	11125,4	cm ³
Berat isi	1,58	1,65	1,65	1,63	gr/cm ³

Didapat berat Isi rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,63 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diizinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ (SII No.52 – 1980).

4.2.4 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Hasil pengujian berat isi agregat halus dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan. Maka hasil pengujian berat isi agregat halus pada percobaan ini tertera pada tabel berikut :

Tabel 4.9: Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	1493	1509
Berat contoh SSD	gr	1000	1000
Berat contoh kering oven & berat wadah	gr	1481	1498
Berat wadah	gr	493	509
Berat air	gr	12	11
Berat contoh kering	gr	988	989
Kadar air	%	1,21	1,11
Rata-rata		1.16 %	

Dari pengujian kadar air agregat kasar pada percobaan ini dengan percobaan 2 sampel dimana nilai kadar air pada sampel 1 sebesar 1,21 % dan sampel 2 sebesar 1,11% sehingga di dapat nilai rata – rata sebesar 1,16%

4.2.5 Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus didapatkan kadar lumpur agregat adalah:

Tabel 4.10: Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian	Satuan	sampel 1	sampel 2	Rata- rata
Berat SSD	gr	1000	1000	1000
Berat SSD setelah dicuci	gr	965	968	967
Berat kotoran	gr	35	32	34
Persentase kotoran	%	3,6	3,3	3,5

Hasil pemeriksaan hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata 3,5%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SK SNI S – 04 – 1989 – F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

4.3 Perencanaan Campuran

4.3.1 Mix Design Beton Normal Mutu Sedang

Tabel 4.11: Tabel Mix Design Beton Normal Mutu Sedang

No	Uraian	Table/ grafik perhitungan	Nilai
1.	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan	25 MPa
2.	Deviasi Standar	Tabel 4.12	12 MPa
3.	Nilai tambah (margin)	-	5,7 MPa
4.	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1 + 2+3	42,7 MPa
5.	Jenis semen		Type 1
6.	Jenis agregat: Kasar Halus	Ditetapkan Ditetapkan	Batu pecah Binjai Pasir alami Binjai
7.	Faktor air semen bebas	Gambar 4.3	0,45
8.	Faktor air semen maksimum	Ditetapkan	0,60
9.	Slump	Ditetapkan	30-60 mm
10.	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm
11.	Kadar air bebas	Tabel 4.15	170 kg/ m ³
12.	Jumlah semen	11:7	377,77 kg/ m ³
13.	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	377,77 kg/ m ³
14.	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/ m ³
15.	Faktor air semen yang disesuaikan	-	0,45
16.	Susunan besar agregat halus	Gambar 4.4	Daerah Gradasi Zona 2

No	Uraian	Table/ grafik perhitungan		Nilai	
17.	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 4.5		Gradasi Maksimum 40 mm	
18.	Persen agregat halus	Gambar 4.6		36 %	
19.	Berat jenis relatif agregat (jenuh kering permukaan)	Dihitung		2,659	
20.	Berat isi beton	Gambar 4.7		2450,25 kg/ m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20-(12+11)		2032,55	
22	Kadar agregat halus	18 x 21		731,71	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1300,84	
24	Proporsi campuran	Semen (Kg)	Air (kg atau lt)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	377,77	170	731,71	1300,95
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,450	1,936	3,443
	- Tiap benda uji v = 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,00	0,953	3,878	6,894
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	377,77	179,84	720,66	1302,40
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,476	1,907	3,447
	- Tiap benda uji v = 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,00	0,953	3,819	6,902

1. Menentukan kuat tekan rencana yang diisyaratkan (f_c').

Kuat tekan uji yang direncanakan (benda uji silinder) adalah 25 Mpa

2. Penghitungan nilai deviasi standar (S)

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji < 30 dapat dilihat pada tabel 4.12 karena benda uji yang direncanakan kurang dari 15, maka nilai yang diambil 12 Mpa

Tabel 4. 12 Tabel Nilai Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
<15	f_c+12 Mpa
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥ 30	1,00

3. Menghitung nilai tambah margin

Mencari nilai margin di dapat dari tabel 4.13 Dimana di dapat 5,7 Mpa adalah tingkat mutu pekerjaan baik

Tabel 4.13: Tingkat Mutu Pekerjaan Pembetonan

Tingkat Mutu Pekerjaan	S (MPa)
Memuaskan	2,8
Hampir memuaskan	3,5
Sangat baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5
Kurang	7,0

4. Menghitung kekuatan rata-rata yang di targetkan f_{cr}

$$\begin{aligned} f_{cr} &= f'c + \text{Deviasi Standar} + M \\ &= 25 + 12 + 5,7 \\ &= 42,7 \text{ Mpa} \end{aligned} \tag{4.1}$$

5. Semen yang digunakan

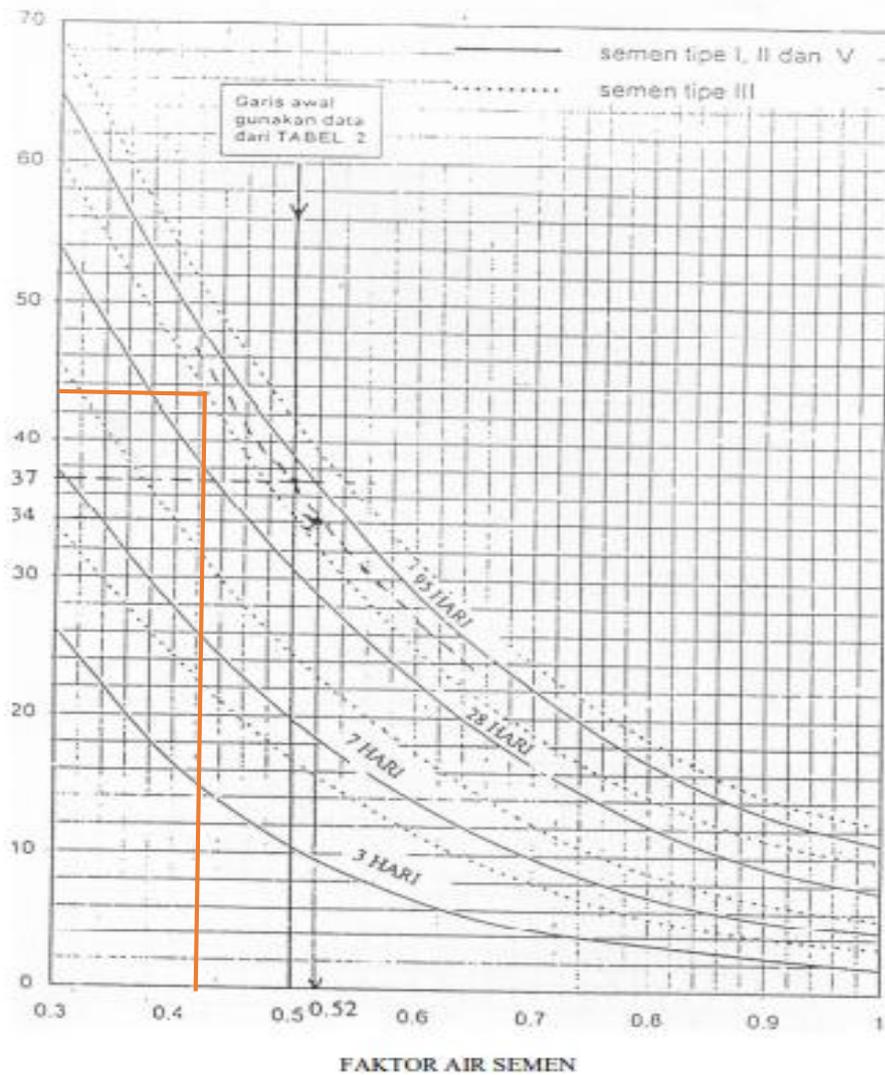
semen portland tipe 1

6. Menentukan jenis agregat

- agregat kasar = batu pecah (binjai)
- agregat halus = pasir (binjai)

7. Menentukan faktor air semen bebas

Berdasarkan perhitungan grafik hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan rata-rata. Dimana kuat tekan rata-rata diperkirakan 42,7 MPa, semen yang digunakan semen portland type I. Beton dilakukan pengujian pada umur 28 hari dengan benda uji silinder maka digunakan FAS 0,45



Gambar 4.3: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton (SNI 03-2834,2000)

8. Faktor air semen maksimum

Ditetapkan 0,60. Persyaratan jumlah semen maksimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembebanan dalam lingkungan khusus.

Tabel 4.14: Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum (SNI 03-2834, 2000)

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan: A. Keadaan keliling non-korosif B. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	275 325	0,60 0,52
Beton di luar ruangan bangunan: A. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung B. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325 275	0,60 0,60
Beton masuk kedalam tanah:	325	0,55 Lihat Tabel2.1 Lihat Tabel 2.12

9. Menentukan nilai slump

Penetapan nilai slump 30-60 mm dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.15: Perkiraan kadar air bebas (SNI 03-2834, 2000)

Slump (mm)					
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	0-10	10-30	30-60	60-80
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak di pecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

10. Penetapan besar butir agregat maksimum

Penetapan besar butir agregat maksimum pada beton standart yaitu 40 mm.

11. Jumlah kadar air bebas

1. Agregat tak dipecah ditentukan oleh tabel 4.15
2. Agregat campuran (tak di pecah), dihitung menurut rumus berikut

$$\frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k \quad (4.2)$$

Dimana :

W_h = adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus.

W_k = adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar pada Tabel 4.13

a. Agregat halus = 160

b. Agregat kasar = 190

Interpolasi kadar air bebas

$$= \frac{2}{3} \text{ agregat halus} + \frac{1}{3} \text{ agregat kasar} \quad (4.3)$$

$$= \frac{2}{3} (160) + \frac{1}{3} (190) = 170 \text{ kg/m}^3$$

12. Jumlah semen

Jumlah semen yang diperlukan per meter kubik beton dihitung dengan menggunakan Pers. 4.4.

Dimana :

$$W_{Smn} = \frac{1}{FAS} \times W \text{ air} \quad (4.4)$$

Fas = faktor air semen per meter kubik beton

$$= \frac{1}{0,45} \times 170$$

$$= 377,77 \text{ kg/m}^3$$

13. Jumlah semen maksimum

Jumlah semen maksimum ditetapkan dari hasil pada Pers 4.4

$$= 377,77 \text{ kg/m}^3$$

14. Jumlah semen minimum

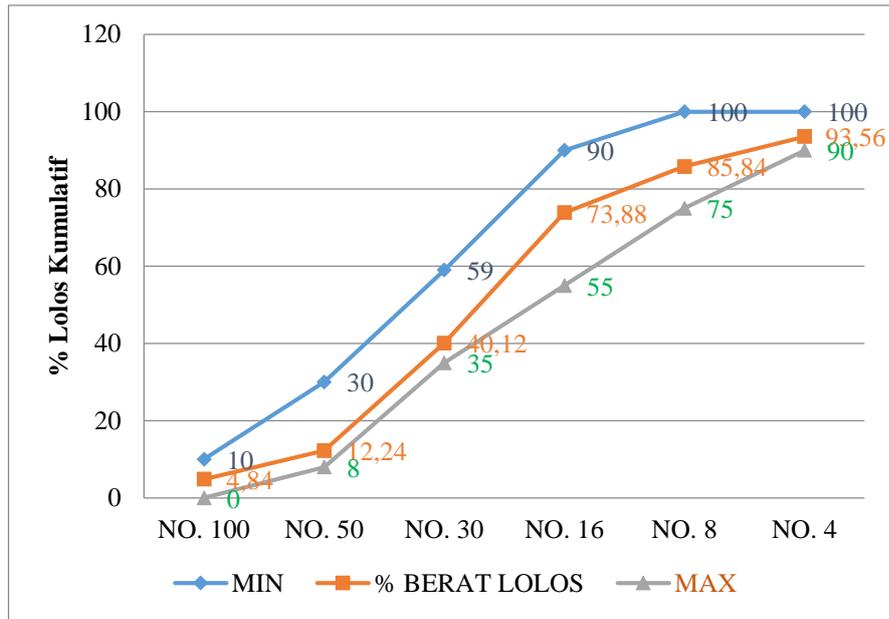
Jumlah semen minimum dapat dilihat pada Tabel 4.14. Dari tabel tersebut kita dapat mengambil jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya yaitu 275 kg/m³

15. Faktor air semen

Faktor air semen yang disesuaikan berdasarkan Gambar 4.3 yaitu sebesar 0,45.

16. Penetapan jenis agregat halus

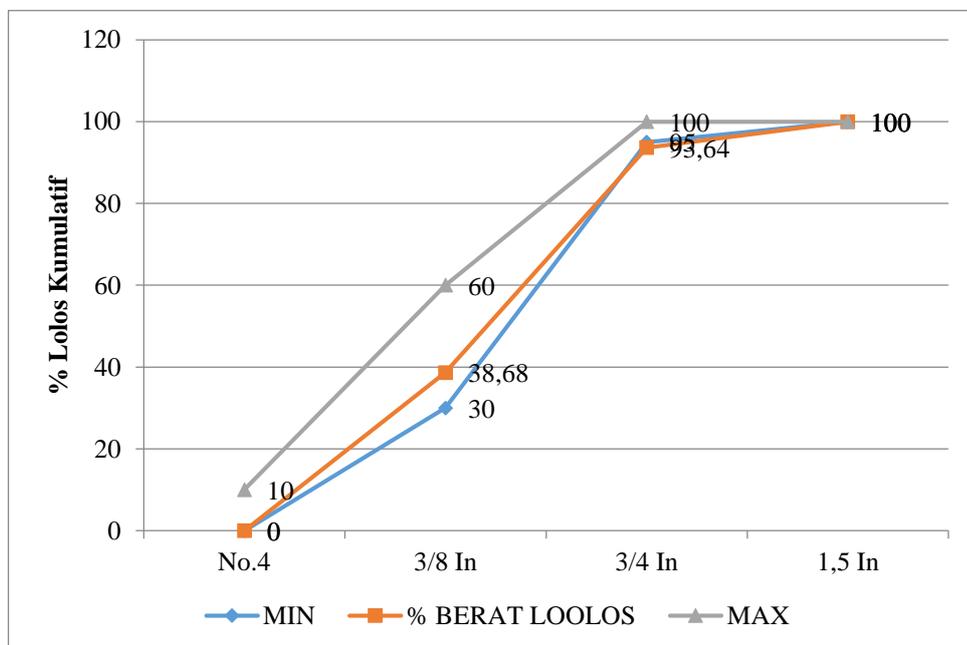
Susunan butir agregat halus berdasarkan Gambar 4.4 yaitu batas gradasi pasir No.2 di pemeriksaan agregat halus



Gambar 4.4: Gradasi Agregat Halus (Zona 2 Pasir Sedang)

17. Penetapan jenis agregat kasar

Susunan butir agregat kasar berdasarkan Gambar 4.4 yaitu batas gradasi krikil ukuran maksimum 40 mm



Gambar 4.5: Grafik Gradasi Agregat Kasar Diameter Maksimum 40 mm

18. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran.

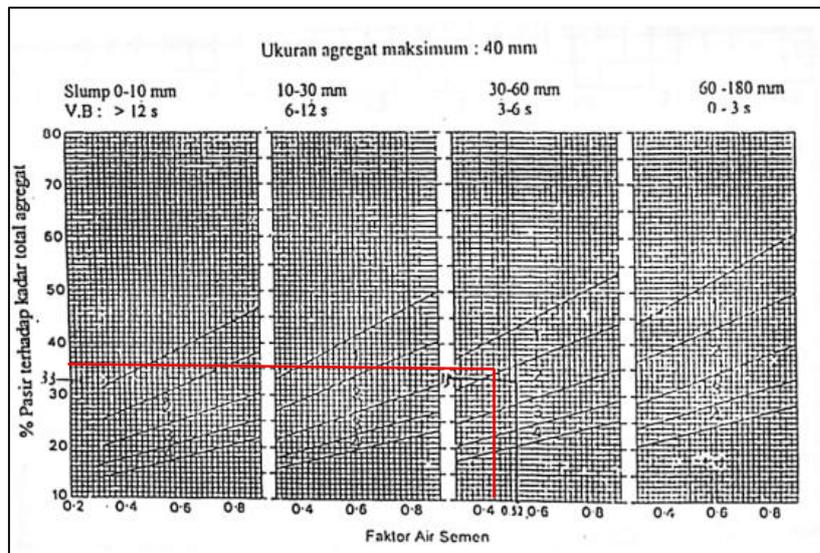
Proporsi berat agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan kuat tekan rencana dengan faktor air semen menurut slump yang digunakan secara tegak lurus berpotongan yang dapat dilihat pada Gambar 4.6. ukuran butir maksimum sebesar 40 mm dapat dilihat pada Gambar 4.6 untuk mencari proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran.

Persen agregat halus = 36 % (Grafik pada gambar 4.6)

Persen agregat kasar = 100% - persen agregat halus

= 100% - 36 %

= 64 %



Gambar 4.6: Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimun 40 Mm (SNI 03-2834, 2000).

19. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan menggunakan Pers. 4.5:

$$B_j \text{ camp} = (K_h \times B_{jh}) + (K_k \times B_{jk}) \quad (4.5)$$

Dimana:

$B_j \text{ camp}$ = berat jenis agregat campuran

B_{jh} = berat jenis agregat halus

B_{jk} = berat jenis agregat kasar

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran

K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran

Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium sebesar:

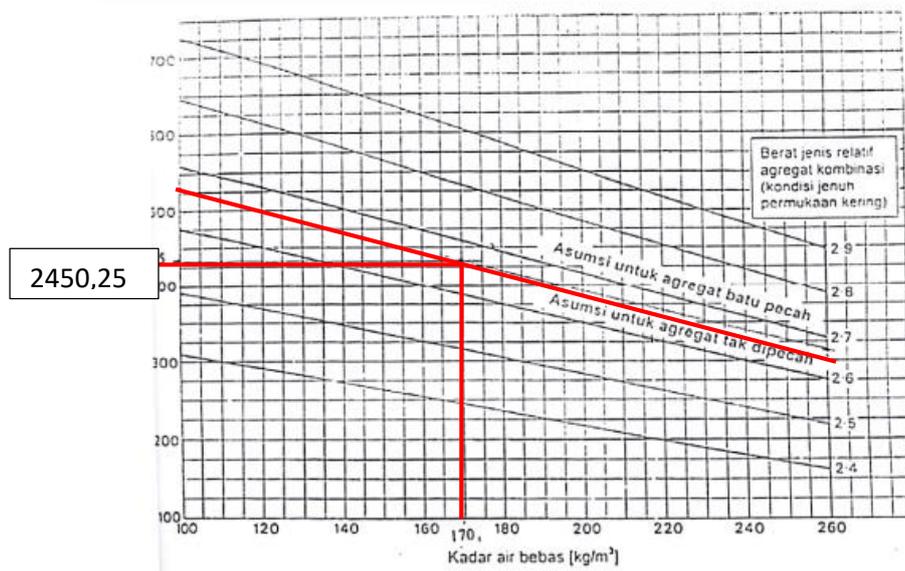
$B_j = 2,571 \text{ gr/cm}^3$ untuk agregat tak pecah/alami

$B_j = 2,716 \text{ gr/cm}^3$ untuk agregat pecah

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis relative agregat (SSD)} &= (0,360 \times 2,571) + (0,640 \times 2,716) \\ &= 2,659 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

20. Perkiraan berat isi beton

Perkiraan berat isi beton diperoleh dari :



Gambar 4.7: Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran Dan Berat Isi Beton

21. Dihitung kebutuhan berat agregat campuran

Kebutuhan agregat campuran didapat dari Pers 4.6

$$W_{agr,camp} = W_{btn} - (W_{air} + W_{smn}) \quad (4.6)$$

Dengan:

$$W_{agr,camp} = \text{Kebutuhan berat agregat campuran beton (kg/m}^3\text{)}$$

$$W_{btn} = \text{Berat beton per meter kubik beton (kg/m}^3\text{)}$$

$$W_{air} = \text{Berat air per meter kubik beton (kg/m}^3\text{)}$$

$$W_{smn} = \text{Berat semen per meter kubik beton (kg/m}^3\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } W_{agr,camp} &= W_{btn} - W_{air} + W_{smn} \\ &= 2450,25 - (170 + 377,77) \\ &= 2032,55 \text{ kg/ m}^3 \end{aligned}$$

22. Hitung berat agregat halus yang diperlukan

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan menggunakan Pers. 4.7.

$$W_{agr,h} = k_h \times W_{agr,camp} \quad (4.7)$$

Dengan:

$$k_h = \text{persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran}$$

$$W_{agr,camp} = \text{kebutuhan berat agregat campuran beton (kg/m}^3\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } W_{agr,halus} &= k_h \times W_{agr,camp} \\ &= 0,360 \times 2032,55 \\ &= 731,71 \text{ kg/ m}^3 \end{aligned}$$

23. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan

Berdasarkan hasil langkah (18) dan (21). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan Pers. 4.8.

$$W_{agr,kasar} = W_{agr,camp} - W_{agr,h} \quad (4.8)$$

Dengan:

$$W_{agr,camp} = \text{kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m}^3\text{)}$$

$$W_{agr,h} = \text{kebutuhan agregat halus per meter kubik beton (kg/m}^3\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } W_{agr,kasar} &= W_{agr,camp} - W_{agr,h} \\ &= 2032,55 - 731,71 \\ &= 1300,84 \text{ kg/ m}^3 \end{aligned}$$

24. Proporsi campuran

Kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per m³ adukan.

- Semen $= \frac{377,77}{377,77} = 1$
- Air $= \frac{170}{377,77} = 0,450$
- Pasir $= \frac{731,71}{377,77} = 1,936$
- Batu pecah $= \frac{1300,84}{377,77} = 3,443$

25. Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan harus dihitung menurut rumus sebagai berikut:

1. Air $= B - (C_k - C_a) \times \frac{c}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100}$
2. agregat halus $= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100}$
3. agregat kasar $= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100}$

Dimana :

B adalah jumlah air (kg/m ³)	= 170 kg/ m ³
C adalah agregat halus (kg/m ³)	= 731,71kg/ m ³
D adalah jumlah agregat kasar (kg/m ³)	= 1300,84 kg/ m ³
Ca adalah absorpsi air pada agregat halus (%)	= 2,67 %
Da adalah absorpsi agregat kasar (%)	= 0,18%
Ck adalah kandungan air dalam agregat halus (%)	= 1,16%
Dk adalah kandungan air dalam agregat kasar (%)	= 0,30 %

Maka,

1. Air

$$\begin{aligned} &= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} && (4.9) \\ &= 170 - (1,16 - 2,67) \times \frac{731,71}{100} - (0,30 - 0,18) \times \frac{1300,84}{100} \\ &= 179,48 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

2. Agregat Halus

$$\begin{aligned} &= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} && (4.10) \\ &= 731,71 + (1,16 - 2,67) \times \frac{731,71}{100} \\ &= 720,66 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

3. Agregat Kasar

$$\begin{aligned} &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} && (4.11) \\ &= 1300,84 + (0,30 - 0,18) \times \frac{1300,84}{100} \\ &= 1302,40 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Maka, untuk tiap m³ diperlukan :

- Semen $= \frac{377,77}{377,77} = 1$
- Air $= \frac{179,84}{377,77} = 0,476$
- Pasir $= \frac{720,66}{377,77} = 1,907$
- Batu pecah $= \frac{1302,40}{377,77} = 3,447$

Berdasarkan hasil mix design beton normal mutu sedang maka kebutuhan bahan untuk 1 m³ sebagai berikut :

- PC $= 377,77 \text{ kg/m}^3$
- Air $= 179,84 \text{ kg/m}^3$
- Agregat halus $= 720,66 \text{ kg/m}^3$
- Agregat kasar $= 1302,40 \text{ kg/m}^3$

Perbandingan untuk 1 benda uji dengan Volume silinder $v = 0,0053 \text{ m}^3$
(1 silinder)

Semen : air : pasir : batu

377,77 : 179,84 : 720,66 : 1302,40

1 : 0,476 : 1,907 : 3,447

2,00 : 0,953 : 3,810 : 6,902

4.3.2 Kebutuhan beton

A. Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan silinder

Pada penelitian ini akan dibuat 8 benda uji silinder

- Tinggi = 30 cm
Diameter = 15 cm
Volume silinder = $\pi \cdot r^2 \cdot T$ (4.12)
= $3,14 \cdot (0,15)^2 \cdot 0,30$
= $0,0053 \text{ m}^3$

Maka,

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak semen x Volume 1 benda uji
= $377,77 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 2,00 kg

Dimana, Semen yang digunakan hanya $\frac{1}{2}$ dari jumlah semen untuk beton variasi

$$= \frac{2,00}{2}$$

$$= 1,00 \text{ kg}$$

Jumlah semen yang dibutuhkan untuk 6 benda uji (silinder) variasi

$$= 1,00 \times 6$$

$$= 6,00 \text{ kg}$$

Total Jumlah semen

= 6,00 (6 sampel beton variasi) + 4,00 (2 sampel beton normal)

=12,00 kg

- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

= Banyak pasir x Volume 1 benda uji

= 720,65 x 0,0053 m³

=3,810 kg

Jumlah pasir yang dibutuhkan untuk 8 benda uji (silinder)

=3,810 x 8 = 30,48 kg

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

= Banyak batu pecah x Volume 1 benda uji

= 1302,40 x 0,0053 m³

= 6,902 kg

Jumlah batu pecah yang dibutuhkan untuk 8 benda uji (silinder)

= 6,902 x 8 = 55,216 kg

- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

= Banyak air x Volume 1 benda uji

=179,84 x 0,0053 m³

=0,953 kg

Jumlah air yang dibutuhkan untuk 8 benda uji (silinder)

= 0,953 x 8 =7,624 kg

Berdasarkan analisa saringan maka di dapat berat untuk masing – masing 1 benda uji. Tertera di tabel 4.16 untuk agregat kasar. Dan di tabel 4.17 untuk agregat halus

Tabel 4.16: Analisa Gradasi Agregat Kasar (Silinder)

Nomor Saringan	(%)	Berat tertahan (gr)
		$\frac{\%berat\ tertahan}{100} \times jlh.\ agregat\ kasar$
38.1 (1,5 In)	0	0
19.0 (3/4 In)	6,36	0,438
9.52 (3/8 In)	54,96	3,793
4.75 (No. 4)	38,68	2,669
Total	100	100

Tabel 4.17: Analisa gradasi agregat halus (Silinder)

Nomor Saringan	Lolos (%)	Berat Tertahan
		$\frac{\%berat\ tertahan}{100} \times jlh.\ agregat$
4.75 (No. 4)	6,44	0,245
2.36 (No. 8)	7,72	0,294
1.18 (No. 16)	11,96	0,455
0.60 (No. 30)	33,76	1,286
0.30 (No. 50)	27,88	1,062
0.15 (No. 100)	7,40	0,281
PAN	4,84	0,184
Total	100	100

➤ Abu sekam padi

Bahan Pengganti sebagian semen pada penelitian ini menggunakan ASP sebesar 100%, 75%, 50% dari ½ berat semen. Berat masing-masing variasi di jelaskan pada tabel 4.18

Tabel 4.18: Jumlah ASP Yang Dibutuhkan Untuk 1 Benda Uji Silinder

Persentase banyaknya ASP (%)	Banyaknya ASP dari ½ berat semen (kg)
100	1,00
75	0,75
50	0,50

Pada penelitian ini benda uji yang digunakan setiap variasi sebanyak 2 benda uji silinder, dimana kebutuhan ASP yang di butuhkan untuk pengganti semen di jelaskan sebagai berikut:

- ASP sebagai pengganti sebagian semen variasi 100% dari ½ berat semen

Banyak ASP 1 benda uji variasi 100%

$$= \frac{1}{2} \times \text{jumlah semen} \times \frac{100}{100}$$

$$= \frac{1}{2} \times 2,00 \times \frac{100}{100}$$

$$= 1,00 \text{ kg}$$

Jumlah ASP untuk 2 benda uji silinder

$$= 1,00 \times 2 = 2,00 \text{ kg}$$

- ASP sebagai pengganti sebagian semen variasi 75% dari ½ berat semen

Banyak ASP 1 benda uji variasi 75 %

$$= \frac{1}{2} \times \text{jumlah semen} \times \frac{75}{100}$$

$$= \frac{1}{2} \times 2,00 \times \frac{75}{100}$$

$$= 0,75 \text{ kg}$$

Jumlah ASP untuk 2 benda uji silinder

$$= 0,75 \times 2 = 1,5 \text{ kg}$$

- ASP sebagai pengganti sebagian semen variasi 50 % dari ½ berat semen

Banyak ASP 1 benda uji variasi 50 %

$$= \frac{1}{2} \times \text{jumlah semen} \times \frac{50}{100}$$

$$= \frac{1}{2} \times 2,00 \times \frac{50}{100}$$

$$= 0,50 \text{ kg}$$

Jumlah ASP untuk 2 benda uji

$$= 0,50 \times 2 = 1,00 \text{ kg}$$

➤ Kalsium (Ca) / Kapur

Untuk bahan pengganti sebagian semen Ca sebesar 25%,50% dari ½ berat semen.

Berat masing-masing variasi di jelaskan pada tabel 4.19

Tabel 4.19: Jumlah Ca Yang Dibutuhkan Untuk 1 Benda Uji Silinder

Persentase banyaknya Ca (%)	Banyaknya Ca dari ½ berat semen (gr)
25	250
50	500

Dalam penelitian ini jumlah benda uji untuk silinder akan dibuat adalah sebanyak 6 benda uji variasi + 2 benda uji normal

- Ca sebagai pengganti sebagian semen variasi 25% dari ½ berat semen

Banyak Ca 1 benda uji variasi 25%

$$= \frac{1}{2} \times \text{jumlah semen} \times \frac{25}{100}$$

$$= \frac{1}{2} \times 2,00 \times \frac{25}{100}$$

$$= 0,25 \text{ kg}$$

Jumlah Ca yang dibutuhkan untuk 2 benda uji

$$= 0,25 \times 2 = 0,50 \text{ kg}$$

- Ca sebagai pengganti sebagian semen 50% dari ½ berat semen

Banyak Ca 1 benda uji variasi 50 %

$$= \frac{1}{2} \times \text{jumlah semen} \times \frac{50}{100}$$

$$= \frac{1}{2} \times 2000 \times \frac{50}{100}$$

$$= 0,50 \text{ kg}$$

Jumlah Ca yang dibutuhkan untuk 2 benda uji

$$= 0,50 \times 2 = 1,00 \text{ kg}$$

B. Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan balok

Pada penelitian ini akan dibuat 12 benda uji balok

- Tinggi = 15 cm = 0,15 m

Panjang = 60 cm = 0,60 m

Lebar = 15 cm = 0,15 m

Volume balok = panjang x lebar x tinggi

$$= 0,15 \times 0,60 \times 0,15$$

$$= 0,0135 \text{ m}^3$$

Maka,

- Semen yang dibutuhkan untuk satu benda uji

$$= 377,77 \text{ kg/m}^3 \times 0,0135 \text{ m}^3$$

$$= 5,099 \text{ kg}$$

Dimana, Semen yang digunakan hanya $\frac{1}{2}$ dari jumlah semen untuk beton variasi

$$= \frac{5,099}{2}$$

$$= 2,549 \text{ kg}$$

Jumlah semen yang dibutuhkan untuk 9 benda uji (balok) variasi

$$= 2,549 \times 9$$

$$= 22,941 \text{ kg}$$

Total Jumlah semen

$$= 22,941 \text{ (9 sampel beton variasi)} + 15,297 \text{ (3 sampel beton normal)}$$

$$= 38,238 \text{ kg}$$

- Pasir yang dibutuhkan untuk satu benda uji
 $= 720,66 \text{ kg/m}^3 \times 0,0135 \text{ m}^3 = 9,728 \text{ kg}$
Pasir yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 $= 9,728 \text{ kg} \times 12 = 116,736 \text{ kg}$
- Batu pecah yang dibutuhkan
 $= 1302 \text{ kg/m}^3 \times 0,0135 \text{ m}^3$
 $= 17,584 \text{ kg}$
Batu pecah yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 $= 17,584 \times 12 = 211,008 \text{ kg}$
- Air yang dibutuhkan untuk satu benda uji
 $= 165,426 \text{ kg/m}^3 \times 0,0135 \text{ m}^3$
 $= 2,233 \text{ kg}$
Air yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 $= 2,233 \times 12 = 26,796 \text{ kg}$

Maka perbandingan untuk satu benda uji

Semen : Pasir : Batu Pecah : Air

5,099 : 9,278 : 17,584 : 2,233

Berdasarkan analisa saringan maka di dapat berat untuk masing – masing 1 benda uji tertera di tabel 4.20 untuk agregat kasar dan di tabel 4.21 untuk agregat halus.

Tabel 4.20: Analisa Gradasi Agregat Kasar (Balok)

Nomor Saringan	(%) Berat Tertahan	Berat tertahan
		$\frac{\% \text{berat tertahan}}{100} \times \text{jlh. agregat kasar}$
38.1 (1,5 In)	0	0
19.0 (3/4 In)	6,36	1,118
9.52 (3/8 In)	54,96	9,664
4.75 (No. 4)	38,68	6,801
Total	100	100

Tabel 4.21: Analisa Gradasi Agregat Halus (Balok)

Nomor Saringan	(%) Berat Tertahan	Berat Tertahan
		$\frac{\%berat\ tertahan}{100} \times jlh.\ agregat$
4.75 (No. 4)	6,44	0,597
2.36 (No. 8)	7,72	0,716
1.18 (No. 16)	11,96	1,109
0.60 (No. 30)	33,76	3,132
0.30 (No. 50)	27,88	2,586
0.15 (No. 100)	7,40	0,686
PAN	4,84	0,449
Total	100	100

➤ Abu sekam padi

Bahan Pengganti sebagian semen pada penelitian ini menggunakan ASP sebesar 100% , 75% , 50% dari ½ berat semen. Berat masing-masing variasi di jelaskan pada tabel 4.22

Tabel 4.22: Jumlah ASP Yang Dibutuhkan Untuk 1 Benda Uji Balok

Persentase banyaknya ASP (%)	Banyaknya ASP dari ½ berat semen (kg)
100	2,549
75	1,912
50	1,274

- Banyak ASP 1 benda uji variasi 100%

$$= \frac{1}{2} \times jumlah\ semen \times \frac{100}{100}$$

$$= \frac{1}{2} \times 5,099 \times \frac{100}{100}$$

$$= 2,549\ kg$$

Jumlah ASP untuk 3 benda uji

$$= 2,549 \times 3$$

$$= 7,647 \text{ kg}$$

- Banyak ASP 1 benda uji variasi 75%

$$= \frac{1}{2} \times \text{jumlah semen} \times \frac{75}{100}$$

$$= \frac{1}{2} \times 5,099 \times \frac{75}{100}$$

$$= 1,912 \text{ kg}$$

Jumlah ASP untuk 3 benda uji

$$= 1,912 \times 3 = 5,376 \text{ kg}$$

- Banyak ASP 1 benda uji variasi 50 %

$$= \frac{1}{2} \times \text{jumlah semen} \times \frac{50}{100}$$

$$= \frac{1}{2} \times 5,099 \times \frac{50}{100}$$

$$= 1,274 \text{ kg}$$

Jumlah ASP untuk 3 benda uji

$$= 1,274 \times 3 = 3,822 \text{ kg}$$

- Kalsium (Ca) / Kapur Untuk bahan pengganti sebagian semen Ca sebesar 25%,50% dari ½ berat semen. Berat masing-masing variasi di jelaskan pada tabel 4.23

Tabel 4.23: Jumlah Ca Yang Dibutuhkan Untuk 1 Benda Uji Balok

Persentase banyaknya Ca (%)	Banyaknya Ca dari ½ berat semen (kg)
25	0,626
50	1,252

- Ca sebagai pengganti sebagian semen 25% dari ½ berat semen

Banyak Ca 1 benda uji variasi 100%

$$= \frac{1}{2} \times \text{jumlah semen} \times \frac{25}{100}$$

$$= \frac{1}{2} \times 5,009 \times \frac{25}{100}$$

$$= 0,637 \text{ kg}$$

Jumlah Ca untuk 3 benda uji

$$= 0,637 \times 3$$

$$= 1,878 \text{ kg}$$

- Ca sebagai pengganti sebagian semen 50% dari ½ berat semen

Banyak Ca 1 benda uji variasi 100%

$$= \frac{1}{2} \times \text{jumlah semen} \times \frac{50}{100}$$

$$= \frac{1}{2} \times 5,009 \times \frac{50}{100}$$

$$= 1,274 \text{ kg}$$

Jumlah Ca untuk 3 benda uji

$$= 1,252 \times 3$$

$$= 3,824 \text{ kg}$$

4.4 Hasil Pengujian Slump Test

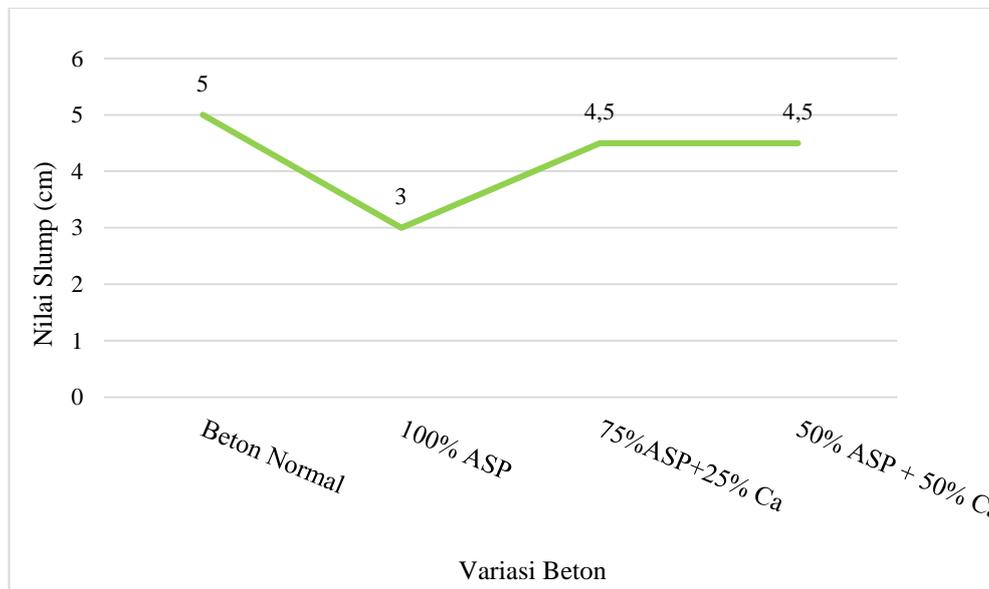
Pengujian slump test ini dilakukan pada masing – masing beton untuk mengetahui *workability* yang terdapat pada beton normal atau beton dengan bahan campuran. Pengujian slump dilakukan menggunakan kerucut Abrams dengan mengisi kerucut abrams dengan beton segar sebanyak 3 lapis dimana tiap lapis di perkiraan 1/3 dari isi kerucut kemudian di rojok dengan tongkat penusuk sebanyak 25 kali. Tongkat penusuk harus masuk hingga ke bagian bawah lapisan, setelah pengisi selesai kemudian beton segar diratakan permukaan kerucut lalu diamkan selama 10 detik. Kemudian kerucut abrams diangkat ke atas secara tegak lurus dengan adonan beton segar agar terlepas dari cetakan. Kemudian ukur tinggi selisih adonan beton dengan kerucut abrams untuk mengetahui nilai slump. Pengujian slump ini dilakukan untuk melihat nilai *workability* (tingkat kemudahan

pengerjaan) dari campuran beton segar. Dan pada penelitian ini di dapat nilai slump yang tertera pada tabel 4.24

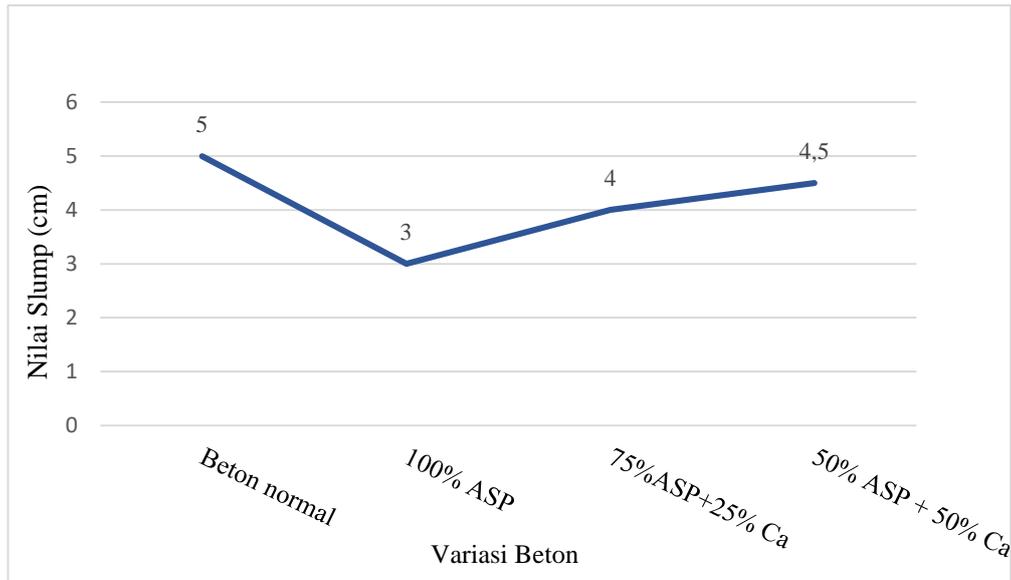
Tabel 4.24: Hasil Pengujian Slump Test

Variasi Campuran	Slump (cm)	
	Silinder	Balok
	28 hari	28 hari
Beton Normal	5	5
100% ASP	3,5	3
75% ASP + 25 % Ca	4,5	4
50% ASP + 50 % Ca	4,5	4,5

Berdasarkan pada tabel 4.24 menjelaskan perbandingan nilai slump antara beton normal, beton variasi, 100% ASP, 75% ASP + 25% Ca, 50% ASP + 50% Ca, dimana pada beton normal didapat nilai slump sesuai rencana 5cm dikarenakan tidak ada campuran ASP dan Ca, sedangkan untuk beton variasi campuran mendapatkan nilai slump antara 3-5 cm.



Gambar 4.8: Grafik Slump Test Benda Uji Silinder



Gambar 4.9: Grafik Slump Test Benda Uji Balok

4.5 Hasil Dan Analisa Pengujian Beton

4.5.1 Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini dilakukan pada saat beton umur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah setiap variasi. Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 1500 KN, dengan ukuran benda uji yang akan di test berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berikut hasil pengujian kuat tekan beton.

a. Beton Normal

Hasil dari pengujian kuat tekan pada beton normal sebagai berikut:

Benda uji 1 (A1)

$$\begin{aligned} \text{- Beban (P)} &= 44 \text{ ton} \\ &= 441229,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{- Luas silinder (A)} = 17662,25 \text{ cm}^2$$

$$\text{- Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \quad (4.11)$$

$$= \frac{441229,25}{17662,25} = 25 \text{ MPa}$$

Benda uji 2 (A2)

- Beban (P) = 50 ton
= 4903332,5 kN
- Luas silinder (A) = 17662,25 cm²
- Kuat tekan beton = $\frac{P}{A}$

= $\frac{4903332,5}{17662,25} = 27,77$ MPa

$$\text{Rata - rata} = \frac{A1+A2}{2} = \frac{25+27,77}{2} = 26,39 \text{ MPa}$$

b. Variasi 100% ASP

Hasil dari pengujian kuat tekan pada beton variasi 100% ASP sebagai berikut:

Benda uji 1 (B1)

- Beban (P) = 19 ton
= 186326,35 kN
- Luas silinder (A) = 17662,25 cm²
- Kuat tekan beton = $\frac{P}{A}$

= $\frac{186326,35}{17662,25} = 10,54$ MPa

Benda uji 2 (B2)

- Beban (P) = 20 ton
= 196133,00 kN
- Luas silinder (A) = 17662,25 cm²
- Kuat tekan beton = $\frac{P}{A}$

= $\frac{196133,00}{17662,25} = 11,10$ MPa

$$\text{Rata - rata} = \frac{B1+B2}{2} = \frac{10,54+11,10}{2} = 10,82 \text{ Mpa}$$

c. Variasi 75% ASP + 25% Ca

Hasil dari pengujian kuat tekan pada beton variasi 75% ASP + 25% Ca sebagai berikut:

Benda uji 1 (C1)

- Beban (P) = 27 ton
= 264779,55 kN
- Luas silinder (A) = 17662,25 cm²
- Kuat tekan beton = $\frac{P}{A}$
= $\frac{264779,55}{17662,25} = 15 \text{ MPa}$

Benda uji 2 (C2)

- Beban (P) = 25 ton
= 245166,25 kN
- Luas silinder (A) = 17662,25 cm²
- Kuat tekan beton = $\frac{P}{A}$
= $\frac{245166,25}{17662,25} = 13,88 \text{ MPa}$

$$\text{Rata - rata} = \frac{C1+C2}{2} = \frac{15+13,88}{2} = 14,44 \text{ MPa}$$

d. Variasi 50 % ASP + 50% Ca

Hasil dari pengujian kuat tekan pada beton variasi 50% ASP + 50% Ca sebagai berikut:

Benda uji 1 (D1)

- Beban (P) = 27 ton
= 264779,55 kN
- Luas silinder (A) = 17662,25 cm²

$$\begin{aligned}
 \text{- Kuat tekan beton} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{264779,55}{17662,25} = 15 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

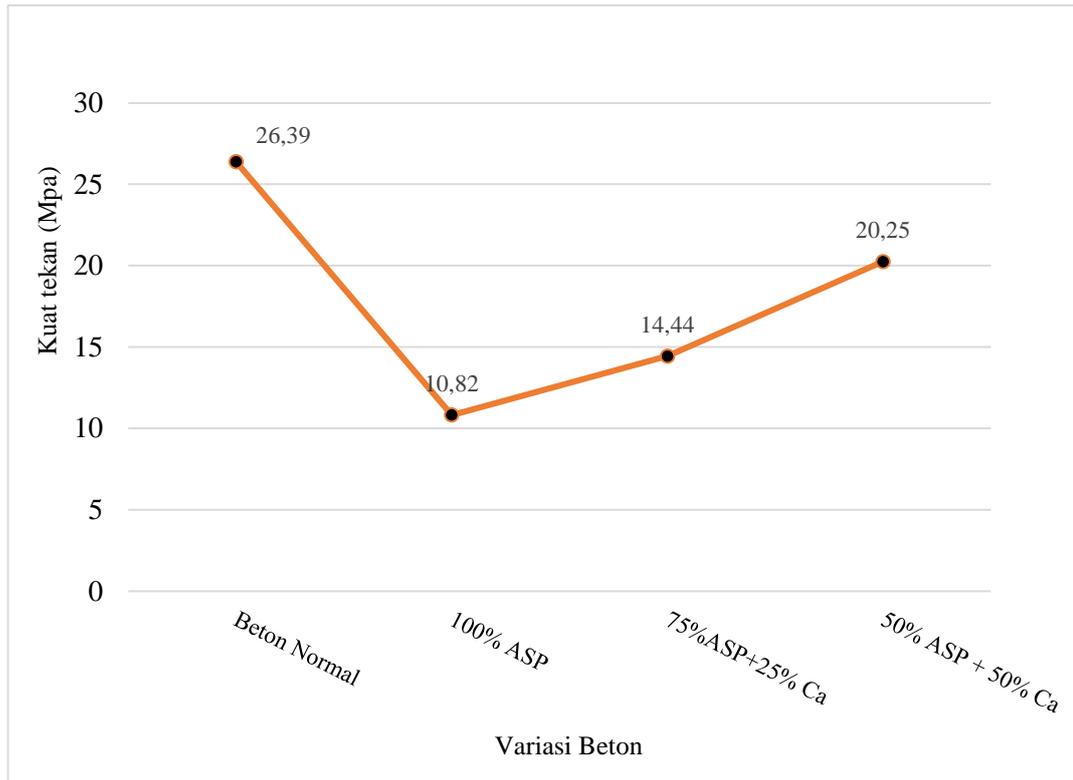
Benda uji 2 (D2)

$$\begin{aligned}
 \text{- Beban (P)} &= 25 \text{ ton} \\
 &= 245166,25 \text{ kN} \\
 \text{- Luas silinder (A)} &= 17662,25 \text{ cm}^2 \\
 \text{- Kuat tekan beton} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{264779,55}{17662,25} = 13,88 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\text{Rata – rata} = \frac{C1+C2}{2} = \frac{15+13,88}{2} = 14,44 \text{ MPa}$$

Tabel 4.25: Hasil Pengujian Kuat Tekan

No	Benda Uji	Umur	Luas Permukaan	Kode benda uji	Beban	Kuat Tekan	Rata - Rata
		Hari	(mm ²)		(Ton)	(MPa)	(MPa)
1	Beton normal	28	17662,5	A1	44	25	26,39
				A2	50	27,77	
2	ASP 100%	28	17662,5	B1	19	10,54	10,82
				B2	20	11,10	
3	ASP 75% + Ca 25%	28	17662,5	C1	27	15	14,44
				C2	25	13,88	
4	ASP 50% + Ca 25%	28	17662,5	D1	35	19,51	20,25
				D2	38	21	



Gambar 4.10: Hasil Pengujian Kuat Tekan

4.5.2 Pengujian Kuat Lentur (Flexural)

Pengujian kuat lentur beton pada penelitian ini dilakukan pada saat beton umur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah setiap variasi. Benda uji pada Pengujian kuat lentur beton pada penelitian ini menggunakan sampel berbentuk balok dengan ukuran panjang 60 cm, panjang 15 cm, lebar 15cm.

a. Beton Normal

Tabel 4.26: Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Normal

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran maks Agr. kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C %	Volume Agr. Halus
	40	4	1	0,41	-
	Air W (Kg/m ³)	PC (Kg/m ³)	Agregat halus (Kg/m ³)	Agregat Kasar (Kg/m ³)	Bahan Campuran (g/kg)
	179,84	377,77	720,66	1302,40	-
Nomor Benda Uji			A1	A2	A3
Umur Benda Uji (hari)			28	28	28
Panjang Benda Uji (mm)			600	600	600
Lebar Benda Uji (mm)			150	150	150
Tinggi Benda Uji (mm)			150	150	150
Berat Benda Uji (kg)			32,19	32,65	32,40
Volume Benda Uji (mm ³)			13500000	13500000	13500000
Beban Maksimum (N)			30000	30000	31000
Jarak Bentang (mm)			450	450	450
Lebar Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Kuat Lentur Uji (MPa)			4,00	4,00	4,13
Kuat Lentur Rata-rata (MPa)			4,04		

Berdasarkan Tabel 4.26 menjelaskan hasil pengujian kuat lentur pada beton normal. Nilai kuat lentur tertinggi pada A3 sebesar 4,13 MPa, dan nilai rata-rata kuat lentur beton pada benda uji A1, A2, A3 sebesar 4,04 MPa.

b. Variasi 100% ASP

Tabel 4.27: Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi 100% ASP

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran maks Agr. kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C %	Volume Agr. Halus
	40	3	1	0,41	-
	Air W (Kg/m ³)	PC (Kg/m ³)	Agregat halus (Kg/m ³)	Agregat Kasar (Kg/m ³)	Bahan Campuran (g/kg)
	179,84	377,77	720,66	1302,40	-
Nomor Benda Uji			B1	B2	B3
Umur Benda Uji (hari)			28	28	28
Panjang Benda Uji (mm)			600	600	600
Lebar Benda Uji (mm)			150	150	150
Tinggi Benda Uji (mm)			150	150	150
Berat Benda Uji (kg)			28,76	27,31	26,77
Volume Benda Uji (mm ³)			13500000	13500000	13500000
Beban Maksimum (N)			15000	14000	12000
Jarak Bentang (mm)			450	450	450
Lebar Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Kuat Lentur Uji (MPa)			2,00	1,86	1,56
Kuat Lentur Rata-rata (MPa)			1,80		

Berdasarkan Tabel 4.27 menjelaskan hasil pengujian kuat lentur pada beton variasi 100% ASP. Nilai kuat lentur tertinggi pada B1 sebesar 2,00 MPa, dan nilai rata-rata kuat lentur beton pada benda uji A1, A2, A3 sebesar 1,80 MPa

c. Variasi 75% ASP + 25% Ca

Tabel 4.28: Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi 75% ASP + 25% Ca

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran maks Agr. kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C %	Volume Agr. Halus
	40	4	1	0,41	-
	Air W (Kg/m ³)	PC (Kg/m ³)	Agregat halus (Kg/m ³)	Agregat Kasar (Kg/m ³)	Bahan Campuran (g/kg)
	179,84	377,77	720,66	1302,40	-
Nomor Benda Uji			C1	C2	C3
Umur Benda Uji (hari)			28	28	28
Panjang Benda Uji (mm)			600	600	600
Lebar Benda Uji (mm)			150	150	150
Tinggi Benda Uji (mm)			150	150	150
Berat Benda Uji (kg)			28,50	28,97	29,00
Volume Benda Uji (mm ³)			13500000	13500000	13500000
Beban Maksimum (N)			16000	16000	17000
Jarak Bentang (mm)			450	450	450
Lebar Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Kuat Lentur Uji (MPa)			2,13	2,13	2,26
Kuat Lentur Rata-rata (MPa)			2,17		

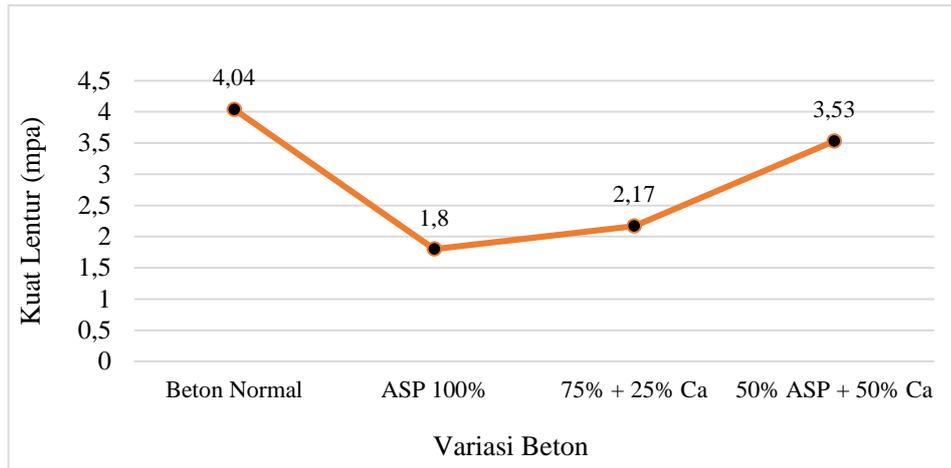
Berdasarkan Tabel 4.28 menjelaskan hasil pengujian kuat lentur pada beton variasi 75% ASP + 25% Ca. Nilai kuat lentur tertinggi pada C3 sebesar 22,63 MPa, dan nilai rata-rata kuat lentur beton pada benda uji A1, A2, A3 sebesar 2,17 MPa.

d. Variasi 50% ASP + 50 % Ca

Tabel 4.29: Hasil pengujian kuat lentur beton variasi 50% ASP + 50% Ca

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran maks Agr. kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C %	Volume Agr. Halus
	40	4,5	1	0,41	-
	Air W (Kg/m ³)	PC (Kg/m ³)	Agregat halus (Kg/m ³)	Agregat Kasar (Kg/m ³)	Bahan Campuran (g/kg)
	179,84	377,77	720,66	1302,40	-
Nomor Benda Uji			D1	D2	D3
Umur Benda Uji (hari)			28	28	28
Panjang Benda Uji (mm)			600	600	600
Lebar Benda Uji (mm)			150	150	150
Tinggi Benda Uji (mm)			150	150	150
Berat Benda Uji (kg)			29,87	30,05	30,12
Volume Benda Uji (mm ³)			13500000	13500000	13500000
Beban Maksimum (N)			25000	27000	28000
Jarak Bentang (mm)			450	450	450
Lebar Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Kuat Lentur Uji (MPa)			3,33	3,60	3,73
Kuat Lentur Rata-rata (MPa)			3,53		

Berdasarkan Tabel 4.29 menjelaskan hasil pengujian kuat lentur pada beton normal. Nilai kuat lentur tertinggi pada D3 sebesar 3,73 Mpa, dan nilai rata-rata kuat lentur beton pada benda uji A1, A2, A3 sebesar 3,53 Mpa.



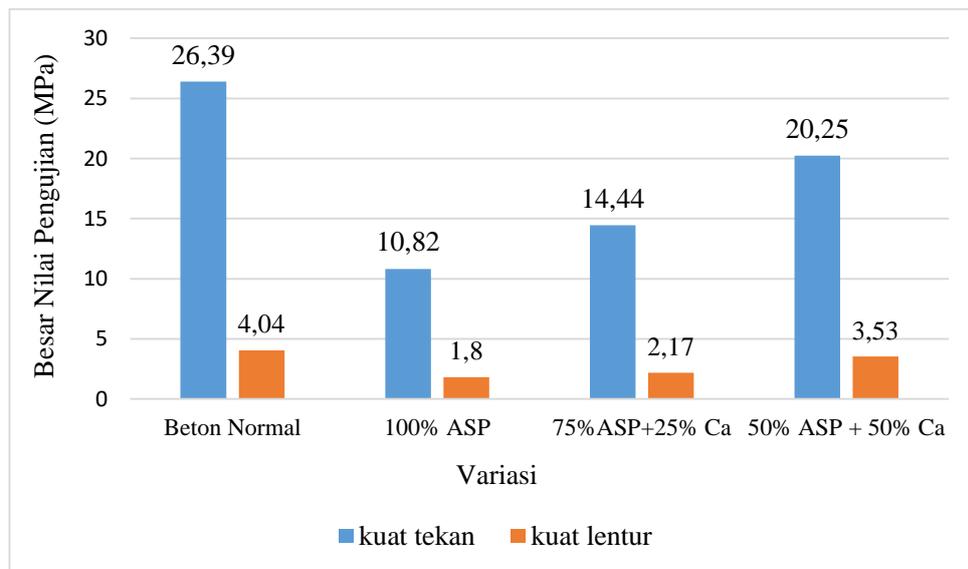
Gambar 4.11: Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

4.6 Perbandingan Hasil Kuat Tekan Dan Kuat Lentur

Tabel 4.30: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Sebagai Bahan Perbandingan

Nama Benda Uji	Umur Benda Uji	Hasil Benda Uji (MPa)				Kuat Lentur Berdasarkan Nilai Uji Kuat Tekan $F_s = 0,62\sqrt{f_c}$ (MPa)
		Kuat Tekan		Kuat Lentur		
		f_c (MPa)	f_c rata - rata (MPa)	F_s (MPa)	f_s rata-rata (MPa)	
A1	28	25	26,39	4,0	4,0	3,18
A2	28	27,77		4,0		
A3	-	-		4,1		
B1	28	10,54	10,82	2,0	1,8	2,0
B2	28	11,10		1,8		
B3	-	-				
C1	28	15	14,4	2,1	2,1	2,3
C2	28	13,88		2,1		
C3	-	-		2,2		
D1	28	19,51	20,25	3,3	3,5	2,79
D2	28	21		3,6		
D3	-	-		3,7		

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur maka didapat nilai seperti Tabel 4.30. dimana kuat tekan yang tertinggi pada beton normal sebesar 26,39 MPa mewakili kuat lentur tertinggi yang terdapat pada beton normal sebesar 4,0 MPa. Dan beton dengan nilai terendah di dapat pada beton variasi ASP 100% dengan kuat tekan sebesar 10,28 MPa dan mewakili kuat lentur dengan variasi ASP 100% dengan kuat lentur 1,8 MPa agar lebih mengerti dapat dilihat pada gambar 4.12



Gambar 4.12: Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Dan Kuat Lentur

4.7 Pembahasan

4.7.1 Pembahasan Kuat Tekan

Dari hasil pengujian kuat tekan dengan umur beton 28 hari. Beton normal dengan beton variasi kombinasi campuran ASP dan Ca. Terjadi penurunan pada beton variasi. Namun penurunan yang besar terjadi variasi beton 100% ASP. Berdasarkan perbandingan dan persentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

a. Variasi 100 % ASP

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{10,82}{26,39} = 0,41\%$$

$$\text{Besar nilai penurunan beton umur 28 hari} = \frac{26,39-10,82}{26,39} \times 100 = 58\%$$

b. Variasi 75% ASP + 25% Ca

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{14,44}{26,39} = 0,54\%$$

$$\text{Besar nilai penurunan beton umur 28 hari} = \frac{26,39-14,44}{26,39} \times 100 = 45,28\%$$

c. Variasi 50% ASP + 50% Ca

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{20,25}{26,39} = 0,76$$

$$\text{Besar nilai penurunan beton umur 28 hari} = \frac{26,39-20,25}{26,39} \times 100 = 23,26\%$$

Berdasarkan perhitungan penurunan perbandingan dan persentase dengan penambahan ASP dan Ca dapat disimpulkan bahwa beton dengan campuran ASP 100 % terjadi penurunan sebesar 58%. Namun pada beton dengan variasi 75% ASP + 25% Ca didapat hasil penurunan 45,28% , dan hasil penurunan terendah terjadi pada beton dengan variasi 50% ASP + 50% Ca dengan nilai penurunan sebesar 23,26%. dari perhitungan diatas dapat disimpulkan penambahan Ca sebagai bahan pengganti semen berpengaruh dalam meningkatkan kuat tekan beton dari pada beton tanpa Ca namun pemberian Ca dapat dilakukan dengan persentase tertentu

4.7.2 Pembahasan Kuat Lentur

Dari hasil pengujian kuat lentur dengan umur beton 28 hari. Beton normal dengan beton variasi kombinasi campuran ASP dan Ca. Terjadi penurunan pada beton variasi. Namun penurunan yang besar terjadi variasi beton 100% ASP. Berdasarkan perbandingan dan persentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

a. Variasi 100 % ASP

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{1,80}{4,04} = 0,445$$

$$\text{Besar nilai penurunan beton umur 28 hari} = \frac{4,04-1,80}{4,04} \times 100 = 55,45\%$$

b. Variasi 75% ASP + 25% Ca

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{2,17}{4,04} = 0,537$$

$$\text{Besar nilai penurunan beton umur 28 hari} = \frac{4,04-2,17}{4,04} \times 100 = 46,28\%$$

c. Variasi 50% ASP + 50% Ca

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{3,53}{4,04} = 0,873$$

$$\text{Besar nilai penurunan beton umur 28 hari} = \frac{4,04-3,53}{4,04} \times 100 = 12,62\%$$

Berdasarkan perhitungan penurunan perbandingan dan persentase dengan penambahan ASP dan Ca dapat disimpulkan bahwa beton dengan campuran ASP 100 % terjadi penurunan sebesar 55,45%. Namun pada beton dengan variasi 75% ASP + 25% Ca didapat hasil penurunan 46,28% , dan hasil penurunan terendah terjadi pada beton dengan variasi 50% ASP + 50% Ca dengan nilai penurunan sebesar 12,26%. dari perhitungan diatas dapat disimpulkan penambahan Ca sebagai bahan pengganti semen berpengaruh dalam meningkatkan kuat lentur beton dari pada beton tanpa Ca namun pemberian Ca dapat dilakukan dengan persentase tertentu. Dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur terjadi penurunan yang signifikan

4.7.3 Pembahasan Kuat Lentur Dari Peneliti Terdahulu

Menurut penelitian Rahman, (2019) pengujian kuat lentur beton dengan pengganti semen menggunakan ASP 10% dapat meningkatkan mutu beton sebesar 63% dengan nilai kuat lentur 6,62 dibandingkan benda uji tanpa bahan pengganti semen menggunakan ASP. Namun terjadi penurunan terhadap mutu beton pada variasi ASP 20% dengan hasil kuat lentur 8,66 MPa dan 30% dengan hasil kuat lentur 7,88 MPa.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan pada penelitian ini didapat beberapa kesimpulan dan saran yang dapat di kembangkan oleh pembaca untuk penelitian berikutnya tentang penggunaan abu sekam padi (ASP) dan kapur (Ca) sebagai bahan penggantian sebagian semen.

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian penggunaan abu sekam padi (ASP) dan kapur (Ca) sebagai bahan pengganti sebagian semen maka didapatlah kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan abu sekam padi (ASP) dan kapur (Ca) sebagai bahan pengganti sebagian semen berpengaruh pada nilai slump test beton. Dimana penggunaan abu sekam padi yang besar mempengaruhi nilai slump test. Yang terjadi pada beton variasi 100% ASP memiliki nilai slump test terendah sebesar 3,5 cm pada benda uji silinder dan 3 cm pada benda uji balok. Dimana semakin kecil nilai slump maka tingkat *workability* beton semakin rendah
2. Berdasarkan pengujian kuat tekan beton didapat hasil teringgi pada beton Normal dengan nilai kuat tekan 26,39 MPa. Dan untuk nilai beton variasi mengalami penurunan dan penurunan terbesar di dapat pada beton dengan variasi 100% ASP sebesar 10,82 MPa.
3. Hasil dari pengujian kuat lentur yang dihasilkan dengan nilai kuat lentur pada beton normal sebesar 4,04 MPa dan untuk nilai kuat lentur pada beton variasi mengalami penurunan. Penurunan terbesar terjadi pada beton 100% ASP dengan besar penurunan sebesar 55,45% dari beton normal dengan nilai kuat lentur 1,80 MPa. Sehingga dapat disimpulkan semakin tinggi penggunaan ASP dan semakin rendah penggunaan Ca maka semakin rendah pula hasil kuat lentur beton.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut tentang ambang batas penggunaan ASP dan Ca sebagai pengganti sebagian semen untuk mengetahui mutu suatu beton yang dihasilkan
2. Untuk penelitian selanjutnya harus dibuat sampel dengan variasi yang lebih beragam dari penggunaan ASP dan Ca sebagai bahan pengganti sebagian semen

DAFTAR PUSTAKA

- Arum, G. T. (2013). Kajian Optimasi Kuat Tekan Beton Dengan Simulasi Gradasi Ukuran Butir Agregat Kasar. *Jurnal Tugas Akhir*, (09510134004), 1–9.
- Asrullah. (2011). *Kajian Kuat Lentur Beton Dengan Menggunakan Sika Concrete Refair Mortar Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Beton K 300*. 300, 13–17.
- ASTM-C39. (1993). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. Philadelphia: ASTM.
- Darmawan, A., & Anggraini, D. (2008). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi Pengaruh Substitusi Semen oleh Silika Abu Sekam Padi terhadap Kuat Tekan dan Suhu Reaksi Semen Portland*. 11(1), 15–19.
- Hadipramana, J., Riza, F. V., Rahman, I. A., Loon, L. Y., Adnan, S. H., & Zaidi, A. M. A. (2016). Pozzolanic Characterization of Waste Rice Husk Ash (RHA) from Muar, Malaysia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 160(1), 0–10. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/160/1/012066>
- Handayani, P. A., Nurjanah, E., & Rengga, W. D. P. (2014). Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Menjadi Silika Gel. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 3(2), 55–59. <https://doi.org/10.15294/jbat.v3i2.3698>
- Harahap, reza suandi. (2018). *ANALISA KUAT TEKAN BETON DAN PENYERAPAN AIR KOMBINASI FILLER ABU AMPAS TEBU DAN BOTOL KACA SUBSTITUSI PASIR*.
- Mulyono, T. (2007). Kapur Sebagai Bahan Tambah Untuk Beton Normal. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 2(1), 11. <https://doi.org/10.21009/jmenara.v2i1.7875>
- Nawy, E. G. (1998). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Cetakan kedua, Bandung: PT. Refika Aditama.
- Pane, F. P., Tanudjaja, H., & Windah, R. S. (2015). Pengujian kuat tarik lentur beton dengan variasi kuat tekan beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321.
- Raharja, S. et al. (2013). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 1(4), 503–510.
- Rahman, M. A. (2019). Pengaruh Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Pda Beton Reaktif (Rektive Powder Convcrete). *Thesis*, 7(1), 88.
- S. Mindess, Francis Y, D. D. (2003). *Concrete 2nd Edition*. New jersey: Prentice Hall.

- Sari, D. N. (2020). *OBSERVASI KUAT TARIK BELAH BETON RINGAN CLC (CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE) YANG DIPERKUAT ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR SECARA EKSPERIMENTAL*. medan.
- Setiyarto, Y. D., Haekal, M., & Pahlevi, A. (2017). *Potensi Penggunaan Abu dan Kapur untuk Mengurangi Jumlah Semen dalam Campuran Beton Potential Use of Ashes and Lime to Reduce the Number of Cements in Concrete Mixes*.
- Sihotang, A. dan H. (2002). *Pemanfaatan Kapur dan Pozolan Sebagai Bahan Baku Utama Pembuatan Semen Hidraulisis Alternatif*. (Institut Teknologi Bandung, Bandung).
- SK SNI T-15-1990-03. (1990). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Yayasan LPMB, Bandung.
- SNI-4431. (2011). *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Badan Standar Nasional.
- SNI 03-1972. (1990). SNI 03-1972-1990 : Metode Pengujian Slump Beton. *Badan Standar Nasional Indonesia, 1*(ICS 91.100.30), 1–12.
- SNI 03-2834. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *Sni 03-2834-2000*, 1–34.
- SNI 15-2049-2004. (2004). Semen Portland. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, 1–128.
- SNI 1972. (2008). *cara uji slump test*.
- SNI 4431. (2011). SNI 4431-2011 Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 16.
- SNI 7974. (2013). Spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulis (ASTM C1602–06, IDT) SNI 7974-2013. *Badan Standardisasi Nasional*, 27(5), 596–602.
- Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.
- Yanti, G., Z, Z., & Megasari, S. W. (2019). Kajian Pemanfaatan Limbah Serat Daun Nanas Pada Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 79–86. <https://doi.org/10.31849/siklus.v5i2.3242>

LAMPIRAN

Foto Dokumentasi Pada Saat Penelitian



Gambar L.1: Agregat kasar dan halus untuk campuran beton



Gambar L.2 : Semen



Gambar L.3: Kapur sebagai bahan pengganti sebagian semen



Gambar L.4: Abu Sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen



Gambar L.4: Proses pembuatan beton dengan mixer



Gambar L.5: Pengujian slump test



L.6 : Beton segar di masukkan kedalam bekisting



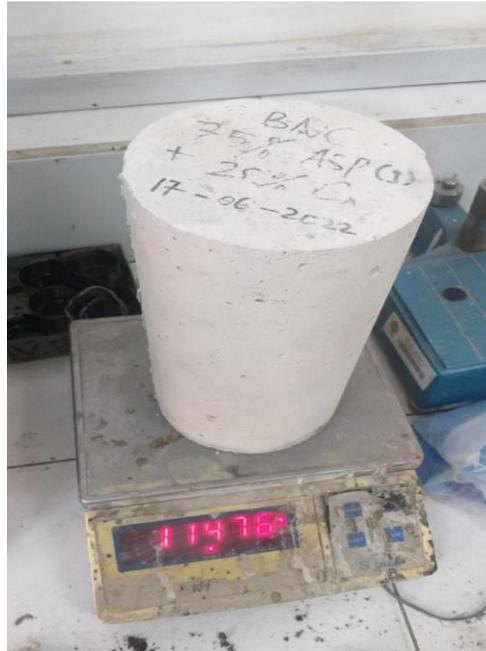
Gambar L.7 : Benda uji balok pada saat perendaman



Gambar L.8 : Benda uji silinder pada saat perendaman



Gambar L.9 : Benda uji balok di timbang sebelum di uji



L.10 : Benda uji silinder di timbang sebelum pengujian



L.11 : Pengujian kuat tekan beton



Gambar L.8: Pengujian Kuat lentur beton



Gambar L.9: Benda uji yang sudah di uji

Daftar Riwayat Hidup



Data Identitas Diri

Nama lengkap : Siti Annisa Samosir
Tempat, Tanggal lahir : Medan, 2 April 2000
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Jl Turi Gg.Karto No.3 Medan
No. Hp/ Tel.Seluler : 085260496461
Nama Ayah : Gunawan Samosir,ST
Nama Ibu : Mesnawati Sinaga
E-Mail : sitiannisa0002@gmail.com

Data Riwayat pendidikan

Nomor Induk Mahasiswa : 1807210046
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muhctar Basri No.3 Medan 20238

Pendidikan Formal

Sekolah Dasar : SD SWASTA ERIA MEDAN 2006-2012
Sekolah Menengah Pertama : SMP ISLAM AN – NIZAM MEDAN 2012-2015
Sekolah Menengah Atas : SMA NEGERI 2 MEDAN 2015-2018